COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, 55.

COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

PUBLIÉS,

CONFORMÉMENT A UNE DÉCISION DE L'ACADÉMIE

EN DATE DU 13 JUILLET 1835,

PAR MM. LES SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

TOME DEUX CENT-TROISIÈME.

JUILLET — DÉCEMBRE 1936.

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE

DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

Quai des Grands-Augustins, 55.

1936

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 6 JUILLET 1936.

PRÉSIDENCE DE M. FÉLIX MESNIL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Éducation nationale** adresse ampliation du décret, en date du 1er juillet 1936, portant approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **Robert Esnault-Pelterie** pour occuper dans la Division des Applications de la Science à l'Industrie la place vacante par le décès de M. *J. Rey*.

Il est donné lecture de ce décret.

Sur l'invitation de M. le Président, M. **Robert Esnault-Pelterie** prend place parmi ses Confrères.

M. le **Président** annonce à l'Académie qu'à l'occasion de la Fête nationale, la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mercredi 15 juillet au lieu du lundi 13.

M. **P. Langevin** fait hommage à l'Académie, au nom de la Société des Amis de Paul Painlevé, d'un exemplaire du volume qui vient d'être publié par cette Société sous le titre *Paul Painlevé, paroles et écrits*.

Préparé par les soins de MM. Pierre Appell et Raymond Arasse, ce volume, en dehors de deux notices, l'une de P. Langevin sur *Le Savant*, et de J. Perrin sur *L'homme* que fut Paul Painlevé, est essentiellement composé par un choix de conférences, de discours et d'articles formant un tableau très complet de l'activité scientifique et humaine de notre illustre et regretté Confrère. On y trouve, en particulier, son admirable discours du tri-centenaire de Pascal, sa conférence à la Société astronomique du 14 juin 1922 sur l'histoire de l'Astronomie, son discours de 1890 si actuel encore aujourd'hui, *La Science vaut-elle l'effort scientifique?*, des notices sur Henri Poincaré, Charles Richet, Daniel Berthelot, Émile Picard, Paul Appell, René Quinton, Albert Einstein, et, correspondant à l'évolution progressive de Painlevé des sciences abstraites vers leurs applications, diverses interventions relatives à l'aviation. Toute une vie, si diversement active et féconde, se trouve évoquée dans ce Livre.

PÉTROGRAPHIE. — *Structure réticulée de la silice, observée dans des phtanites précambriens et des phosphates* suessoniens. Note (1) de M. **Lucien Cayeux**.

Rien n'est variable comme la silice développée en milieu sédimentaire. De ses multiples représentants, l'opale est de beaucoup le plus important à ce point de vue, de par ses nombreuses modalités visibles au microscope. D'indifférenciée qu'elle est le plus souvent, elle passe par les transitions les plus ménagées à de l'opale convertie en globules microscopiques, parfaits, isolés dans un fond de calcédonite. Et ces globules, loin d'être toujours pareils à eux-mêmes, peuvent être homogènes, ou pourvus d'un noyau, voire même différenciés en une série de couches concentriques. Toutes ces manières d'être s'observent normalement dans le groupe des gaizes, des spongolithes et des cherts, et à l'état plutôt accidentel dans des phtanites proprement dits et des phosphates. Quant aux autres types, tels que la calcédonite et le quartz, pour ne citer que les principaux, ils

(1) Séance du 29 juin 1936.

interviennent dans une très faible mesure, en dehors du groupe des grès, pour diversifier la structure des roches au microscope.

L'étude de phtanites précambriens de la région de Bréhec (Finistère) [1] et de phosphates, dits *suessoniens*, de Metlaoui (Tunisie) m'a fait connaître un nouveau facies de la silice, caractérisé par une *structure réticulée*.

1° L'exemple de phtanites, répondant rigoureusement au type d'Haüy, est particulièrement instructif, en raison de la généralité que peut revêtir la structure en question. Des préparations sont caractérisées en tous points par un réseau à mailles polygonales mesurant de $0^{mm},01$ à $0^{mm},03$ d'ouverture. Ledit réseau est discernable aux faibles grossissements tant il est net. Par sa régularité, il rappelle souvent celui des Radiolaires à petites mailles, sauf à dire qu'il existe dans toute la masse de la roche, et non sur un plan déterminé. Une structure très différenciée de la roche-mère n'est pas un obstacle à son développement. Celle-ci est-elle bréchoïde, et riche en morceaux de phtanites remaniés, on l'observe sans la moindre discontinuité, comme si le milieu était homogène. Il est de toute évidence que cette structure réticulée est d'origine inorganique et secondairement acquise. En l'espèce, elle résulte de la combinaison de deux silices, l'une incolore très cryptocristalline, constituant le réseau, et l'autre, isotrope, de teinte grise, remplissant les mailles. La première se résout en éléments tellement exigus qu'il est impossible de les identifier en toute certitude, mais il n'y a d'hésitation qu'entre le quartz et la calcédonite. Quant à la seconde, elle se rapporte à l'opale.

2° Un échantillon de la couche phosphatée n° 2 de Metlaoui, composée de grains de phosphate de chaux ordinairement contigus, possède une gangue de structure très aberrante. Dans tous les espaces qui résultent de la juxtaposition imparfaite des éléments phosphatés, il s'est développé un réseau de même type que celui des phtanites mais moins apparent. Pour le faire ressortir clairement, il est nécessaire de l'analyser avec le condenseur très baissé, ou supprimé, et un grossissement d'environ 150 diamètres. Plus petites que dans les phtanites, les mailles mesurent en moyenne 5^{μ}-6^{μ} d'ouverture. Du fait que ce réseau se détache en jaune pâle, d'un ton à peine différent de celui du phosphate, on est tenté de lui attribuer la composition des grains, d'autant plus que la matière constituante est non moins isotrope que le phosphate de la roche. Mais l'emploi du procédé Becke

(1) Ces phtanites, qui gisent en galets à la base du Cambrien, m'ont été procurés par M. Y. Milon.

fait apparaître une différence de réfringence, beaucoup trop accentuée, entre les grains et le réseau, pour que leur composition soit identique. En réalité, le réseau est en opale. C'est la même substance qui remplit les mailles avec une teinte grisâtre, et une structure d'aspect finement radié, du moins par places, en quoi elle rappelle très exactement la physionomie des perles de silice monoréfringente de certaines roches du groupe des gaizes et des cherts. Bref, dans le cas envisagé, et par exception, tout le ciment est formé d'opale réalisant deux facies distincts.

Si un pareil réseau se développait à une moindre échelle, dans une plage très limitée par exemple, aussi bien dans les phtanites que dans les phosphates, on ne manquerait pas de lui attribuer une origine organique, et l'on se croirait fondé à la rapporter à des algues.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Le rendement des plantes vertes en fonction de la teneur de l'atmosphère en oxygène.* Note de M. **Marin Molliard.**

J'ai montré [1] comment le poids de substance sèche élaborée dans un temps donné s'abaissait régulièrement lorsque la teneur de l'atmosphère en oxygène augmentait par rapport à la valeur qu'elle présente dans l'air et l'importance des modifications était telle qu'aucune cause d'erreur ne paraissait pouvoir intervenir.

Mais mes expériences comportaient des cultures auxquelles correspondaient des atmosphères dont le taux en oxygène n'était que de 5 pour 100 ou de 1 pour 100; des Radis mis à se développer dans une atmosphère chargée de 1 pour 100 de gaz carbonique, constamment renouvelée, et sur un milieu minéral gélosé, présentaient, au bout de 40 jours, les récoltes suivantes, évaluées en poids de substance sèche :

Teneur en oxygène (en pour 100)..........	1	5	20	40	60	80
Poids de la substance sèche (en mg).......	201	226	144	61	21	14

l'amande des graines utilisées présentant un poids moyen de $9^{mg},1$. On était donc conduit à envisager pour une teneur en oxygène de 5 pour 100 une récolte de $226/144 = 1,57$ au lieu de 1 pour la teneur réalisée dans l'air; ce maximum très important constituait un fait nouveau et je n'ai pas

(1) *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 1160.

voulu le publier avant de m'être assuré qu'il n'était pas apparu sous l'intervention d'un facteur négligé; peut-être en particulier les différentes cultures n'avaient-elles pas reçu la même quantité de lumière au cours de leur développement.

J'ai repris en conséquence cette année les mêmes expériences en me mettant à l'abri de la cause d'erreur possible; les diverses séries de cultures étaient disposées sur la même surface verticale exposée au Nord, qui avait été précédemment utilisée, mais elles y occupaient dans les deux expériences successives qui ont été réalisées des emplacements différents; chaque groupe de cultures correspondant à une teneur déterminée en oxygène se trouvait ainsi exposée à des intensités lumineuses différentes, en admettant que cette inégalité soit réalisée sur le mur qui servait d'appui aux cultures.

Or, dans la deuxième expérience, pour laquelle la teneur en oxygène a été de 1, 5, 10, 20, 30, 40 pour 100, j'ai obtenu des résultats qui concordent de tout point avec les précédents. Aucune des plantes n'ayant à sa disposition que du gaz carbonique comme source de carbone ne présentait de tubérisation pour une teneur en oxygène égale ou supérieure à 20 pour 100; par contre les plantes soumises à une pression en oxygène faible tubérisaient abondamment; elles étaient d'autre part nettement plus développées et d'un vert plus intense; au bout de 45 jours les poids moyens de substance fraîche et de substance sèche, correspondant à 10 échantillons, étaient les suivants :

Teneur pour 100 en oxygène.........	1	5	10	20	30	40
Poids (en gr.) de la substance fraîche.	2,377	2,813	2,841	2,406	1,968	1,351
Poids (en gr.) de la substance sèche...	0,196	0,223	0,205	0,153	0,107	0,073
Teneur pour 100 en substance sèche..	8,28	7,94	7,21	6,36	5,43	5,40

On retrouve un maximum de récolte pour une teneur en oxygène voisine de 5 pour 100, très nettement inférieure en tout cas à 20 pour 100; pour 1 pour 100 il y a encore baisse manifeste de la récolte qui tombe à 0 lorsque l'oxygène vient à faire complètement défaut.

On obtient pour la teneur en oxygène de 5 pour 100 une récolte qui se trouve être $223/153 = 1,45$ fois plus forte que pour la teneur normale et il est intéressant d'observer qu'en présence de 1 pour 100 de gaz carbonique ce n'est pas pour la teneur en oxygène correspondant aux conditions naturelles que le développement maximum se trouve réalisé.

Constatons d'autre part que le taux de la substance sèche augmente régulièrement par rapport à la substance fraîche quand la teneur en oxygène diminue.

Dans une troisième série d'expériences, pour laquelle j'ai effectué une nouvelle répartition des cultures à la surface du même emplacement que précédemment, le développement des plantes se comporte exactement de la même manière.

La production de la substance sèche dépend évidemment d'une série de réactions chimiques et la question se pose de savoir comment chacune d'elles est influencée par le taux de l'oxygène; mais dès maintenant les teneurs relativement élevées en oxygène apparaissent comme ayant une action défavorable sur le pigment chlorophyllien qui se trouve subir une oxydation marquée; ce fait est en rapport avec la coloration des feuilles qui sont d'un vert d'autant plus intense que la pression de l'oxygène se rapproche de 5 pour 100.

MICROBIOLOGIE DU SOL. — *Nouvelles recherches sur la morphologie et la physiologie des Azotobacter du sol.* Note de M. **Serge Winogradsky**.

Les recherches sur le groupe des Azotobacter, suivies par un grand nombre de microbiologistes au cours de la dernière trentaine d'années, ont apporté la démonstration décisive de la faculté de ces microbes de fixer l'azote moléculaire en pullulant sur des milieux de laboratoire. Cet important résultat acquis, la question se posait de savoir quelle est la conjoncture de leur activité au sein du milieu naturel. Car il est évident que des expériences en culture pure sur des milieux sucrés, quelque nombreuses et soignées qu'elles soient, n'en peuvent donner aucune idée. Dans ce cas, comme dans tous les autres problèmes de l'Agrobiologie traités par les méthodes courantes de la Microbiologie générale, le point de vue œcologique faisait totalement défaut.

Nous avons tenté de l'introduire dans nos recherches en nous servant d'une méthode qui permet de suivre le comportement de la communauté microbienne du sol sur des plaques de gel silicique imprégnées de substances déterminées, pourvues ou non d'azote combiné ([1]). Le manque de cet azote s'est imposé comme la première condition de l'apparition des Azotobacter sur les milieux. Quant aux aliments offerts, ce n'était pas les glucides qui favorisaient leur prédominance, mais des substances d'une valeur nutri-

([1]) *Ann. Institut Pasteur*, 48, 1932, p. 89.

tive inférieure, notamment les alcools et acides de la série grasse à 2-4 atomes de carbone : alcool éthylique, alcool butylique normal, acétate, propionate, butyrate, qui sont les derniers déchets des fermentations les plus banales. Le gel, pourvu de l'un de ces composés, comme seule matière énergétique, en même temps que privé d'azote, était envahi exclusivement par les Azotobacter, qui refoulaient tout le reste de la microflore, si nombreuse et variée, du sol; tandis qu'en présence d'azote ammoniacal ou nitrique, ou d'une dose de sucre, ces microbes avaient toujours plus ou moins le dessous.

Il a été inattendu de trouver le même effet avec le benzoate, à condition de s'en tenir à des doses faibles, comme du reste, avec tous les autres produits, en imitant en cela les conditions qui dominent dans le sol. Le fait est œcologiquement intéressant, car cet acide a été constaté dans le sol, où il doit probablement son origine à la décomposition de la lignine.

Ces premières observations indiquaient la ligne à suivre dans l'étude de l'œcologie spéciale au groupe des fixateurs d'azote. Elles laissaient supposer que ces *mauvais aliments* constituent justement la part des Azotobacter dans les milieux naturels, où ils n'arrivent à pulluler que vers la fin des processus de fermentations de la matière végétale, donc à un moment, quand le milieu est épuisé en azote, mais enrichi de produits des fermentations non attaquables par leurs agents.

En entreprenant actuellement la révision de tout ce groupe d'organismes, si intéressant pour la compréhension du cycle d'azote, il y avait donc lieu d'abandonner la technique établie depuis de longues années, laquelle paraît mériter le reproche d'avoir conduit l'étude du rôle naturel des Azotobacter dans une impasse. L'ancienne formule pêchait, à notre avis, non seulement par la qualité de l'aliment, mais aussi par ce qu'elle imposait un aliment unique à toutes les espèces du groupe, sans leur laisser quelque latitude dans le choix de l'aliment préféré.

On a donc remplacé la mannite, ou le glucose, par l'alcool éthylique, l'alcool butylique normal, l'acétate, le butyrate de chaux, le benzoate de chaux ou de soude. On composait le milieu de culture, en ajoutant l'une de ces substances à une solution de sels minéraux sans azote, que l'on utilisait telle quelle, ou dont on imprégnait le gel silicique.

Ces formules se sont montrées de beaucoup supérieures aux anciennes, lorsqu'il s'agit d'isoler les Azotobacter; leurs végétations en deviennent plus caractéristiques et moins souillées par les espèces étrangères, dont il n'est pas toujours facile de les débarrasser. Soumises à des épreuves dans des conditions strictement parallèles, les différentes espèces de ce groupe ont

fait preuve de préférences qui les différencient au point de vue physiologique. La mannite et le glucose ont été compris dans ces épreuves.

Voici quelques exemples des premiers résultats obtenus :

Espèce 1. — Aliments préférés : éthanol, butyrate, acétate. En seconde ligne : mannite, glucose. Refuse le benzoate.

Espèce 2. — Aliments préférés : éthanol, mannite, benzoate. En seconde ligne : butanol. Refuse : acétate, butyrate.

Espèce 3. — Aliments préférés, dans l'ordre : éthanol, butyrate, acétate, glucose. En seconde ligne : butanol. Refuse : mannite, benzoate.

Espèce 4. — Aliments : acétate, butyrate. Refuse : éthanol, butanol, benzoate, glucose, mannite.

On voit, à quel point varient les besoins alimentaires de ces quatre espèces qui appartiennent pourtant au même sous-groupe, que nous réunissons sous le nom d'*Azomonades*.

Au caractère physiologique, si saillant, des Azotobacter, celui d'assimiler l'azote de l'air, qui a accaparé jusqu'ici presque exclusivement l'attention des physiologistes, il faudra joindre désormais un second, non moins remarquable, celui de leur *adaptation spécifique aux corps organiques de constitution simple*, telle que la présentent les derniers produits de dégradation de la matière végétale; *et c'est en brûlant des déchets, que l'agent microbien fait entrer l'azote moléculaire en combinaison chimique*.

La prédilection de ces microbes pour ces produits, en dehors des épreuves comparées de culture, se trouve encore étayée par le fait que leur évolution y reste toujours *normale*, ce que l'on ne peut pas affirmer par rapport aux milieux riches en sucres.

Pour avoir une idée précise des caractères de cette évolution *normale*, l'étude botanique du groupe a bien besoin d'être complétée; on ne pourrait éviter également la critique des erreurs qui se sont accumulées dans ce domaine. Sans y insister ici, remarquons seulement, que le pléomorphisme excessif que l'on attribue aux Azotobacter n'est en grande partie qu'une illusion, qui s'explique, d'un côté, par les pullulations grégaires des espèces de ce groupe, difficiles à différencier et à dissocier; d'un autre, par la méconnaissance de leur cycle de développement.

Ce cycle comprend : la forme jeune, très souvent mobile — allongée arrondie, ou en bâtonnet, ou en filament —, la forme adulte, la forme âgée, amoindrie de taille, s'apprêtant à l'enkystement, enfin, les *kystes* qui remplissent le rôle de spores. On a déjà observé ces dernières formations, sans reconnaître l'enkystement, comme stade final obligatoire des pullula-

tions de toutes les espèces d'Azotobacter .C'est pourtant le caractère morphologique le plus marqué du groupe, apte à déterminer le diagnostic dans des cas douteux. Leur formation a lieu de manière que la cellule âgée s'entoure d'une membrane ou capsule résistante, à deux couches, l'exine garnie parfois de granules, ou pointes minuscules. Il y a donc bien lieu de parler de *kystes*. La méthode de coloration double que nous avons mise au point fait ressortir très nettement cette structure, et permet de différencier ces kystes des stades végétatifs du premier coup d'œil.

Au même titre que la sporulation des bacilles, toute végétation normale des Azotobacter doit aboutir à l'enkystement général, sauf de rares individus voués à l'involution et à l'autolyse finale. Le phénomène est régulier avec les souches fraîchement isolées du milieu naturel et cultivées sur des milieux, dont nous avons indiqué la composition. Il est loin de l'être avec des souches tenues durant de longues générations sur des milieux riches en sucre. Nous en avons même observé qui sont devenues complètement *akystogènes*. Il paraît évident que ces souches mutilées dans leur évolution — qui présentent toujours encore d'autres symptômes non douteux de dégénérescence — ne peuvent plus servir aux recherches sur les Azotobacter *du sol*, en dépit de l'étiquette qu'elles portent et de leur provenance.

GÉODÉSIE. — *Nouvelles déterminations de l'intensité de la pesanteur en France*. Note (¹) de M. **Pierre Lejay**.

Le tableau suivant donne les valeurs de l'intensité de la pesanteur en 57 stations nouvelles. Ces valeurs ont toutes été déterminées, sauf celle de Souain, avec le gravimètre n° 42, dont l'étalonnage avait été refait au cours de notre campagne à Potsdam (²). Mais ce pendule ayant été soumis volontairement, entre les campagnes, à des aimantations et des désaimantations, de nombreuses vérifications dans des stations de base ont été faites. On trouvera dans la première colonne du tableau les noms des stations de référence en majuscules et dans la colonne intitulée 42, à la fin du tableau, les écarts entre la valeur conclue de nos observations et la valeur admise précédemment. Nos valeurs ont été calculées en admettant que les modifica-

(¹) Séance du 29 juin 1936.
(²) *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 753.

Stations.	Lat.	Long.	Alt.	δ.	Dates 1935.	g.	g_0.	g''_0.	γ_0.	$g_0-\gamma_0$.	$g''_0-\gamma_0$.	γ'_0.	$g_0-\gamma'_0$.	$g''_0-\gamma'_0$.	42.	518.	510.	510bis
'ARIS	–	–	–	–	8 VIII	980g943	–	–	–	–	–	–	–	–	0	0	–	–
ens	48°11',9	3°46', E	69m	2,5	15 »	980,884	980g905	980g898	980g904	+ 1mg	— 6mg	980g917	—12mg	—19mg	—1	+3	–	–
'ézelay	47.28,0	3.45,0 E	302	2,6	16 »	980,758	980,850	980,817	980,839	+11	—22	980,852	— 2	—35	+1	—3	–	–
aulieu	47.14,5	4.18,6 E	462	2,6	16 »	980,709	980,851	980,800	980,818	+33	—18	980,831	+20	—31	+1	—2	–	–
YON	–	–	–	–	17 »	980,619	–	–	–	–	–	–	–	–	—2	—4	–	–
ENÈVE	–	–	–	–	19 »	980,582	–	–	–	–	–	–	–	–	+3	—2	–	–
AUSANNE	–	–	–	–	21 »	980,589	–	–	–	–	–	–	–	–	+2	+2	–	–
ENÈVE	–	–	–	–	22 »	980,582	–	–	–	–	–	–	–	–	+1	—2	–	–
ÂLE	–	–	–	–	23 »	980,765	–	–	–	–	–	–	–	–	+1	+1	–	–
es Chatelles	48.23,4	6.51,4 E	320	2,6	24 »	980,871	980,969	980,934	980,921	+48	+13	980,934	+35	0	0	+1	–	–
unéville	48.35,7	6.29,8 E	230	2,6	25 »	980,887	980,957	980,932	980,940	+17	— 8	980,953	+ 4	—21	0	+1	–	–
'oul	48.43,1	5.53,2 E	220	2,6	25 »	980,893	980,961	980,936	980,952	+ 9	—16	980,965	— 4	—29	—2	+3	–	–
'adelaincourt	49. 4,3	5.17,4 E	250	2,6	26 »	980,940	981,017	980,989	980,982	+35	+ 7	980,995	+22	— 6	—2	+3	–	–
iglemont	49.47	4.46,4 E	228	2,6	27 »	980,998	981,068	981,042	981,046	+22	— 4	981,059	+ 9	—17	–	–	–	–
'umay	50. 1,4	4.42,6 E	275	2,6	27 »	981,004	981,089	981,056	981,067	+22	—11	981,080	+ 9	—24	–	–	–	–
a Neuville	49.29,8	5. 9,8 E	170	2,6	28 »	980,990	981,042	981,023	981,021	+21	+ 2	981,034	+ 8	—11	–	–	–	–
'illers-La Chèvre.	49.30,5	5.41,5 E	368	2,6	28 »	980,946	981,059	981,018	981,021	+38	— 3	981,034	+25	—16	–	–	–	–
ommeron	49.57,1	3.57,2 E	200	2,6	29 »	981,019	981,080	981,058	981,062	+18	— 4	981,075	+ 5	—17	–	–	–	–
ethel	49.28,7	4.20,2 E	145	2,6	30 »	980,979	981,023	981,008	981,019	+ 4	—11	981,032	— 9	—24	–	–	–	–
'ARIS	–	–	–	–	31 »	980,943	–	–	–	–	–	–	–	–	—1	0	–	–
Ioulins	46.34,1	3.20,0 E	221	2,5	22 IX	980,702	980,770	980,746	980,758	+12	—12	980,771	— 1	—25	–	–	–	–
iom	45.53,7	3. 6,8 E	354	2,6	23 »	980,589	980,697	980,658	980,696	+ 1	—38	980,709	—12	—51	–	–	–	–
'illefranche-de-Rouergue	44.20,9	2. 2,8 E	259	2,6	26 »	980,497	980,576	980,547	980,556	+20	— 9	980,569	+ 7	—22	–	–	–	–
Iontauban	43.58,2	1.14,8 E	100	2,6	27 »	980,486	980,516	980,505	980,523	— 7	—18	980,536	—20	—31	–	–	–	–
uch	43.38,8	0.35,0 E	169	2,5	27 »	980,452	980,504	980,485	980,493	+11	— 8	980,507	— 3	—22	–	–	–	–
agnères	43. 3,6	0. 8,6 E	560	2,6	30 »	980,288	980,460	980,397	980,440	+20	—43	980,454	+ 6	—57	–	–	–	–
'au	43.19,7	0.20,0 W	208	2,5	1 X	980,393	980,457	980,435	980,465	— 8	—30	980,479	—22	—44	–	–	–	–
aint-Sylvestre	44.24,6	0.48,9 E	47	2,6	2 »	980,536	980,550	980,545	980,561	—11	—16	980,575	—25	—30	–	–	–	–
anzac	44.52,6	1.29,2 E	94	2,6	2 »	980,570	980,599	980,588	980,604	— 5	—16	980,618	—19	—30	–	–	–	–
gletons	45.24,3	2. 2,9 E	650	2,6	3 »	980,498	980,698	980,625	980,651	+47	—26	980,665	+23	—40	–	–	–	–
hambon	46.12,0	2.26,6	435	2,6	3 »	980,614	980,747	980,702	980,725	+22	—23	980,738	+ 9	—13	–	–	–	–
ourges	47. 5,0	2.24,2 E	160	2,5	4 »	980,776	980,825	980,808	980,804	+21	+ 4	980,817	+ 8	— 9	–	–	–	–
'ARIS	–	–	–	–	14 »	980,943	–	–	–	–	–	–	–	–	—2	+2	–	–
'port	49.44,1	0.19,2 E	66	2,5	21 »	981,010	980,030	981,023	981,042	—12	—19	981,055	—25	—32	—1	+1	–	–
ap Antifer	49.40,8	0.10,1 E	110	2,5	21 »	980,998	981,031	981,020	981,037	— 6	—17	981,050	—19	—30	0	+1	–	–
rouville	49.22,2	0. 5,8 E	30	2,5	23 »	981,010	981,019	981,016	981,009	+10	+ 7	981,022	— 3	— 6	+2	—2	–	–
ayeux	49.16,5	1. 9,8 W	50	2,5	24 »	981,021	981,036	981,031	981,001	+35	+30	981,014	+22	+17	+2	—1	–	–
'ARIS	–	–	–	–	27 »	980,943	–	–	–	–	–	–	–	–	0	—2	–	–

Stations.	Lat.	Long.	Alt.	δ.	Dates.	g.	g_0.	g''_0.	γ_0.	$g_0-\gamma_0$.	$g''_0-\gamma_0$.	γ'_0.	$g_0-\gamma'_0$.	$g''_0-\gamma'_0$.	42.	518.	510.	510bis
					1935													
Montmirail.......	48°53',3	3°32',4 E	176^m	2,6	30 X	980^g,928	980^g,982	980^g,961	980^g,967	+15^{mg}	— 6^{mg}	980^g,980	+ 2^{mg}	—19^{mg}	—4	+4	-	-
Châlons..........	48.57,3	4.22,3 E	83	2,5	31 »	980,952	980,977	980,968	980,972	+ 5	— 4	980,985	— 8	—17	+2	—2	-	-
Varennes.........	49.11,6	5. 0,1 E	280	2,6	31 »	980,946	981,032	981,001	980,993	+39	+ 8	981,006	+26	— 5	—2	+2	-	-
Trois-Fontaines...	48.42,5	5. 1,6 E	162	2,6	1 XI	980,928	980,977	980,959	980,950	+27	+ 9	980,963	+14	— 4	—2	+4	-	-
Reims...........	49.14,0	4.16,4 E	120	2,5	2 »	980,960	980,997	980,984	980,997	0	—13	981,010	—13	—26	—4	+4	-	-
Mussey..........	48.22,3	5. 8,6 E	210	2,6	3 »	980,872	980,936	980,913	980,919	+17	— 6	980,932	+ 4	—19	—4	+4	-	-
BESANÇON........	-	-	-	-	4 »	980,752	-	-	-	-	-	-	-	-	**—1**	**+1**	-	-
					1936													
BESANÇON........	-	-	-	-	17 I	980,752	-	-	-	-	-	-	-	-	**0**	**+2**	**—2**	-
Souain..........	49.12,0	4.34,2 E	160	2,5	19 »	980,974	981,023	981,006	980,994	+29	+12	981,007	+16	— 1	-	—5	+5	-
Montcornet.......	49.41,6	4. 1,2 E	129	2,6	20 »	981,028	981,067	981,053	981,037	+30	+16	981,050	+17	+ 3	+3	—2	—2	-
Lalobbe.........	49.39,6	4.22,9 E	118	2,6	22 »	981,020	981,056	981,042	981,036	+20	+ 6	981,049	+17	— 7	+2	—1	—1	-
Dormans.........	49. 4,3	3.39,0 E	130	2,6	23 »	980,952	980,991	980,977	980,982	+ 9	— 5	980,995	— 4	—18	—3	—1	+6	-
BRETEUIL.........	-	-	-	-	25 »	980,941	-	-	-	-	-	-	-	-	**0**	**—2**	**—1**	-
BRETEUIL.........	-	-	-	-	11 IV	980,941	-	-	-	-	-	-	-	-	**0**	-	-	-
Châteaudun......	48.04,2	1.20,2 E	141	2,5	13 »	980,855	980,898	980,883	980,893	+ 5	—10	980,906	— 8	—23	0	-	-	(+14)
Blois...........	47.35,7	1.19,9 E	99	2,5	14 »	980,820	980,850	980,840	980,849	+ 1	— 9	980,862	—12	—22	+1	-	-	—2
Tours...........	47.23,5	0.41,4 E	46	2,5	14 »	980,835	980,849	980,843	980,832	+17	+11	980,845	+ 4	— 2	0	-	-	+1
Saumur..........	47.15,3	0. 4,4 W	37	2,5	15 »	980,804	980,815	980,811	980,819	— 4	— 8	980,832	—17	—21	+1	-	-	—2
La Flèche.......	47.42,3	0. 4,3 W	35	2,5	15 »	980,868	980,879	980,875	980,860	+19	+15	980,873	+ 6	+ 2	—1	-	-	+1
Nantes..........	47.12	1.31 W	12	2,5	16 »	980,808	980,811	980,810	980,815	— 4	— 5	980,828	—17	—18	0	-	-	0
Châteaubriant....	47.43,2	1.22,6 W	60	2,5	16 »	980,866	980,884	980,878	980,862	+22	+16	980,875	+ 9	+ 3	0	-	-	(+9)
Angers..........	47.27,7	0.32,6 W	42	2,5	17 »	980,839	980,852	980,847	980,837	+15	+10	980,850	+ 2	— 3	0	-	-	(+7)
Laval...........	48. 3,9	0.45,6 W	59	2,6	18 »	980,888	980,906	980,898	980,893	+13	+ 5	980,906	0	— 8	0	-	-	+1
Le Mans.........	48. 0,1	0.12,6 E	54	2,6	19 »	980,885	980,901	980,896	980,887	+14	+ 9	980,900	+ 1	— 4	0	-	-	(—15)
Nogent-le-Rotrou.	48.19,0	0.48,7 E	102	2,6	19 »	980,883	980,914	980,903	980,915	— 1	—12	980,928	—14	—25	—1	-	-	+1
BRETEUIL.........	-	-	-	-	26 »	980,941	-	-	-	-	-	-	-	-	**+2**	-	-	**+3**
BRETEUIL.........	-	-	-	-	18 V	980,941	-	-	-	-	-	-	-	-	**0**	-	-	**0**
Montargis........	47.59,5	2.43,5	88	2,6	19 »	980,856	980,883	980,871	980,887	— 4	—16	980,900	—17	—29	0	-	-	—1
Briare...........	47.38,3	2.44,4	144	2,5	20 »	980,827	980,871	980,855	980,854	+17	+ 1	980,867	+ 4	—12	+1	-	-	—1
Auxerre..........	47.47,5	3.34,5	102	2,6	20 »	980,843	980,874	980,863	980,867	+ 7	— 4	980,880	— 6	—17	—2	-	-	+2
BESANÇON........	-	-	-	-	22 »	980,752	-	-	-	-	-	-	-	-	**0**	-	-	**0**
GENÈVE..........	-	-	-	-	25 »	980,582	-	-	-	-	-	-	-	-	**—1**	-	-	**0**
LAUSANNE........	-	-	-	-	26 »	980,589	-	-	-	-	-	-	-	-	**—3**	-	-	**—1**
BESANÇON........	-	-	-	-	28 »	980,752	-	-	-	-	-	-	-	-	**+1**	-	-	**0**
Bar-sur-Aube.....	48.14,0	4.22,8	165	2,6	1 VI	980,865	980,915	980,896	980,908	+ 7	—12	980,921	— 6	—25	0	-	-	0
Troyes...........	48.17,8	4. 4,6	113	2,6	1 »	980,882	980,916	980,904	980,912	+ 4	— 8	980,925	— 9	—21	+2	-	-	—3
Provins..........	48.33,8	3.17,2	134	2,6	2 »	980,905	980,946	980,931	980,937	+ 9	— 6	980,950	— 4	—19	0	-	-	—1
BRETEUIL.........	-	-	-	-	3 »	980,941	-	-	-	-	-	-	-	-	**—1**	-	-	**0**

tions du pendule ne changeaient pas la forme de sa courbe de sensibilité; autrement dit, que dans la formule : $g = g_0 - K/T^2$, donnant g en fonction de la période T observée, seul g_0 variait lorsqu'on aimantait ou désaimantait la lame élastique. Les écarts constatés aux stations de référence, de l'ordre de 1 milligal, montrent qu'il en est bien ainsi.

Au cours de presque toutes les campagnes, nous avons utilisé d'autres pendules : M. Holweck nous avait remis d'abord le 518, puis le 510. Ces pendules se sont montrés stables pendant plusieurs séries de stations. On trouvera dans les dernières colonnes du tableau, sous le numéro de chaque pendule, les différences entre la valeur donnée par le pendule et la valeur adoptée pour la station.

Les dernières mesures ont été faites avec le pendule 42 et le 510 *bis*. Dans toutes les stations où la température était suffisamment stable, les valeurs obtenues avec le 510 *bis* sont très voisines de celles que donne le 42. On n'a pas tenu compte du 510 *bis* dans les stations où la température variait fortement au cours des mesures; dans ce cas, nous mettons les différences entre parenthèses dans la dernière colonne du tableau. Au cours de la dernière campagne, nous avons fait en sorte de nous trouver toujours dans de bonnes conditions de température; toutes les valeurs données par les deux pendules concordent bien, et la moyenne a été adoptée.

En général, les écarts des valeurs donnés par les différents pendules montrent que la précision des mesures est de l'ordre de 2 milligals.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur l'identification de l'alcool éthylique.* Note de M. **Maurice Nicloux.**

Les phénomènes si complexes dont l'ensemble constitue la fermentation alcoolique, les nombreux processus biochimiques qui provoquent une formation d'alcool éthylique, les recherches récentes sur la question de savoir si l'alcool, produit normal de l'organisme, est un métabolite qui provient du catabolisme des glucides dans les tissus [1], la néoformation de ce même alcool en quantité relativement importante, de l'ordre de 1 pour 1000, dans le cadavre en voie de putréfaction, qu'il s'agisse des

(1) E. Le Breton, *Signification physiologique de l'oxydation de l'alcool éthylique dans l'organisme. Thèse de Doctorat ès sciences naturelles*, Paris, 1936.

animaux ou de l'homme [1] (et l'on pourrait multiplier les exemples), soulignent invariablement, dès qu'on les étudie, l'intérêt que présenterait une réaction absolument spécifique de l'alcool éthylique [2].

Ce problème délicat n'a pas encore reçu sa solution complète et celle qui fait l'objet de cette Note n'est que partielle.

Il faut dire tout de suite qu'une première série de manipulations simples permet l'élimination d'un nombre considérable de substances organiques de fonctions très diverses. Elle consiste à soumettre le distillat du liquide organique dans lequel on se propose de rechercher l'alcool, à l'action successive de deux réactifs, l'un fortement oxydant (hypochlorite de potassium en milieu alcalin), l'autre de grande puissance réactionnelle (nitrate d'argent ammoniacal), et à terminer enfin ce traitement par une première distillation en milieu alcalin suivie d'une seconde en milieu acide [3].

Ayant ainsi laissé intact l'éthanol et ses homologues supérieurs, c'est la différenciation de ceux-ci qui constitue le nouveau problème à résoudre. On doit à Duclaux de l'avoir abordé par une méthode physique peu sensible, dite du compte-gouttes; j'ai songé à utiliser une méthode chimique semi-microanalytique.

Supposons que l'on se place dans les conditions du dosage extrêmement précis de l'alcool éthylique que j'ai fait connaître en 1931 où l'alcool est quantitativement oxydé en acide acétique et que, par ailleurs, grâce à un appareillage et à des méthodes analytiques convenables, il soit possible de séparer, de doser, d'identifier l'acide acétique, le problème serait résolu, car la substance organique qui, ayant demandé autant d'oxygène (mesuré par la quantité de bichromate consommé) que l'alcool éthylique, donnerait la quantité théorique d'un acide volatil identifié comme acide acétique, ne serait autre que l'alcool éthylique.

Tout le problème revient donc à celui de l'identification de l'acide acétique car, de toute évidence, le dosage de l'acidité volatile créée par

---

[1] M. Nicloux, *Bull. Soc. Chim. biol.*, 18, 1935, p. 318-351.

[2] La réaction de Lieben, ordinairement mise en œuvre, d'une technique facile et d'une grande sensibilité, n'est pas spécifique.

[3] Cette technique a été décrite en détail dans un autre Recueil (M. Nicloux, *loc. cit.*); il est intéressant toutefois de citer deux chiffres qui en montrent l'efficacité. Dans un échantillon de sang en pleine putréfaction on dose les substances réductrices : exprimées en alcool, elles s'élèvent avant traitement à 0,8 pour 1000, après traitement à 0,008 pour 1000, soit 100 fois moins.

l'oxydation d'un alcool primaire traduirait, si cette oxydation était régulière, le passage pur et simple de la fonction $-CH^2OH$ à la fonction $-CO^2H$, sans qu'il soit possible de préjuger en rien de la nature du radical éthyl-, propyl-, butyl- qui leur est lié ([1]).

Cette identification est-elle possible? La réponse, positive, à cette question a été donnée par Duclaux il y a longtemps déjà ([2]), non seulement pour l'acide acétique, mais pour les acides propionique, butyrique, valérianique. Sa méthode aujourd'hui classique, aussi simple qu'élégante et précise, consiste essentiellement à établir, par une mesure d'acidité en fonction du volume distillé, la courbe de distillation de ces quatre acides, laquelle est caractéristique pour chacun d'eux. De plus, en utilisant les données numériques ainsi établies, il est possible d'identifier et de doser respectivement un mélange deux à deux de ces quatre acides. Donc, *théoriquement*, de l'identification de l'acide dépend l'identification de l'alcool, et du mélange de deux acides celle de deux alcools.

Malheureusement l'oxydation des alcools propylique et butylique normal est irrégulière, en ce sens que la quantité de bichromate consommé est plus grande que celle prévue par la théorie en même temps que l'acidité volatile créée lui est égale ou supérieure. En outre, ce qui est une complication de plus, l'oxydation de l'alcool butylique normal donne naissance à de l'acide acétique à côté de l'acide butyrique, et ainsi l'acide acétique n'est plus le témoin spécifique de la présence de l'alcool éthylique. Le problème, dans ces conditions, n'est-il pas insoluble? Non, si l'on se limite à deux alcools sur les trois en cause : j'ai choisi le mélange des alcools éthylique et butylique ([3]), le plus intéressant au point de vue biochimique, et voici en bref comme il convient d'opérer.

On commence, en ce qui concerne l'alcool butylique normal, à réunir les données analytiques quantitatives fournies par l'oxydation sulfochromique dans des conditions déterminées qui sont celles de l'alcool éthylique lui-même (Nicloux, *loc. cit.*). Elles montrent que, à très peu près, 8^{mol} d'alcool butylique donnent naissance à 6^{mol} d'acide butyrique et 2^{mol} d'acide acétique.

([1]) Il ne peut être question ici de l'alcool méthylique, car il est oxydé complètement par le mélange sulfochromique en donnant CO^2 et H^2O.

([2]) E. Duclaux, *Annales de l'Institut Pasteur*, 9, 1895, p. 575-588.

([3]) Les premières données numériques figurent dans un Mémoire récent publié dans les *Annales des Fermentations*, 1, 1936, p. 449, 513, 596.

Si donc, à partir d'un mélange d'alcool éthylique et d'alcool butylique, on détermine par la méthode de Duclaux les quantités respectives : d'acide butyrique et d'acide acétique formés, on peut de la première passer à l'alcool butylique puis, retranchant de la seconde la quantité d'acide acétique apportée par l'oxydation de l'alcool butylique, déduire la quantité d'acide acétique d'origine exclusivement éthylique, et partant, la quantité même d'alcool éthylique.

Pour justifier ce mode opératoire, j'ai préparé deux solutions aqueuses, l'une à 0,972 pour 1000 d'alcool éthylique, l'autre à 1,272 pour 1000 d'alcool butylique normal, lesquelles ont été mélangées dans les proportions respectives suivantes : 5/1, 4/2, 3/3, 2/4, 1/5. Ces proportions ont été retrouvées avec une approximation de 5 à 10 pour 100.

J'ajoute enfin que l'application de cette méthode m'a permis d'établir, et c'est là une donnée d'un intérêt médico-légal évident, que, chez un cadavre humain exhumé 1 mois et 25 jours après la mort et en pleine putréfaction, l'alcool éthylique de néoformation était accompagné de 16 pour 100 environ d'alcool butylique normal.

M. E.-L. **Bouvier** fait hommage à l'Académie d'un Mémoire intitulé *Étude des Saturnioïdes normaux, Famille des Hémileucidés*. Troisième et dernière Partie : *Section des Automérinés*. La dernière famille de ce groupe, celle des Saturnides, est l'objet d'un autre travail actuellement à l'impression.

M. **Vito Volterra** fait hommage à l'Académie des *Procès-verbaux des séances* du Comité international des Poids et Mesures, deuxième série, tome XVII, Session de 1935.

NOMINATIONS.

MM. les **Secrétaires perpétuels** sont désignés pour faire partie de la Commission chargée de l'attribution du prix *Eugénie de Rosemont*, de l'Université de Paris.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Les douze premiers volumes du *Recueil des Travaux de l'Institut de Chimie biologique de la Faculté de Médecine de Strasbourg*, dirigé par M. **Maurice Nicloux**.

THÉORIE DES NOMBRES. — *Les solutions de l'équation* $y^2 = x^3 - Ax - B$ *dans les corps* $\mathfrak{p}$*-adiques*. Note de Mlle **Élisabeth Lutz**, présentée par M. Élie Cartan.

Les points à coordonnées rationnelles situés sur une cubique de genre 1, $y^2 = x^3 - Ax - B$, A et B étant des nombres rationnels, forment, en vertu des formules d'addition des fonctions elliptiques, un groupe abélien G; Mordell a démontré d'ailleurs que G est de base finie (1). Si, plus généralement, on suppose que A et B appartiennent à un corps quelconque k, et qu'on veuille étudier les solutions (x, y) appartenant à k, celles-ci formeront encore un groupe abélien G (2).

Nous donnerons ici quelques résultats relatifs au cas où le corps k est un corps de nombres $\mathfrak{p}$-adiques $k_\mathfrak{p}$; comme d'habitude, on désignera par $\mathfrak{p} = (\pi)$ l'idéal premier (unique) du corps $k_\mathfrak{p}$, par p le nombre premier rationnel qui est multiple de $\mathfrak{p}$; on aura $(p) = \mathfrak{p}^e$, e étant l'ordre de ramification de p dans $k_\mathfrak{p}$; *nous supposerons* $p \neq 2$. Nous supposons, d'autre part, que A et B sont des entiers de $k_\mathfrak{p}$ tels que $x^3 - Ax - B$ n'ait pas, dans $k_\mathfrak{p}$, de racine double; la courbe $y^2 = x^3 - Ax - B$ est alors de genre 1. Les points sur la courbe dont les coordonnées sont des nombres de $k_\mathfrak{p}$ seront appelés *points rationnels* sur la courbe; et l'on considérera également comme tel le point à l'infini de la cubique.

Le groupe abélien G formé par les points rationnels peut être défini de la manière suivante : à deux points rationnels P, Q nous ferons correspondre le point R symétrique par rapport à Ox du troisième point d'intersection de la cubique avec la droite PQ, et nous écrirons $R = P + Q$; si Q se confond avec P, on prendra, au lieu de PQ, la tangente en P à la cubique,

(1) Mordell, *Proc. Cambridge Phil. Soc.*, 21, 1922, p. 179; cf. aussi A. Weil, *Bull. Sc. Math.*, 2e série, 54, 1930, p. 182.

(2) Cf. H. Hasse, *Hamb. Abhandl.*, 10, 1934, p. 325.

et l'on écrira $R = 2P$. L'unité du groupe G est le point à l'infini de la courbe. Les formules donnant les coordonnées de R au moyen de celles de P et Q ne sont autres que les formules d'addition (ou, si P et Q se confondent, de duplication) des fonctions elliptiques.

On démontre facilement que tout point rationnel P sur la courbe a des coordonnées de la forme $(\xi\pi^{-2n}, \eta\pi^{-3n})$, n étant un entier rationnel $\geqq 0$, et ξ, η étant des entiers de $k_\mathfrak{p}$ *premiers à* $\mathfrak{p}$ *si* $n \neq 0$; à tout point P correspond ainsi un entier $n \geqq 0$ bien déterminé, qu'on désignera par $n(P)$; si P est le point à l'infini, on posera $n(P) = \infty$. Cela posé, il résulte des formules d'addition que *les points* P *pour lesquels* $n(P) \geqq m$ *forment un sous-groupe* G_m *de* G quel que soit l'entier $m > 0$. En exprimant les conditions auxquelles doivent satisfaire P et Q pour que $n(P - Q) \geqq m$, on trouve de plus que *le groupe-quotient* G/G_m *est fini quel que soit* $m > 0$.

Pour aller plus loin, il est commode de se servir d'une représentation paramétrique du groupe G_1. Soit $P = (x, y)$ un point de G_1; on aura $x = \xi\pi^{-2n}$, $y = \eta\pi^{-3n}$, où $n \geqq 1$ et ξ, η sont premiers à $\mathfrak{p}$; on aura donc $\eta^2 = \xi^3 - A\xi\pi^{4n} - B\pi^{6n}$, d'où $\eta^2 \equiv \xi^3(\mathfrak{p}^{4n})$; ξ est donc résidu quadratique modulo $\mathfrak{p}$, et, puisque $p \neq 2$, il y aura un entier $\mathfrak{p}$-adique τ (et un seul) tel que $\tau^2 = \xi$, $\tau^3 \equiv \eta(\mathfrak{p}^{4n})$. Si alors on pose $t = \pi^n/\tau$, on aura $x \equiv t^{-2}$ et $y \equiv t^{-3}(\mathfrak{p}^n)$; à tout point P de G_1 correspond ainsi un entier t et un seul, qu'on désignera par $t(P)$; et à tout entier $t \equiv 0(\mathfrak{p})$ correspond un point de G_1. On déduit alors des formules d'addition les congruences suivantes :

1° si $n(P) = n$, $n(Q) \geqq n$,

$$\frac{t(P+Q)}{t(P) + t(Q)} \equiv 1 \qquad (\mathfrak{p}^{4n});$$

2° si $n(P) = n$,

$$t(kP) \equiv k.t(P) \qquad (\mathfrak{p}^{5n}) \text{ quel que soit } k;$$

3° si $n(P) = n$,

$$\frac{t(kP)}{k.t(P)} \equiv 1 \qquad (\mathfrak{p}^{4n-e}) \text{ quel que soit } k.$$

Il en résulte en particulier que si $4n(P) > e$, l'on aura $n(kP) = n(P)$ pour k premier à p, et $n(p^\nu P) = n(P) + \nu e$; et qu'alors, si les k_i forment une suite d'entiers ordinaires convergeant p-adiquement vers un entier p-adique K, les $t(k_i P)$ convergeront $\mathfrak{p}$-adiquement vers un entier T : le point correspondant à T sera désigné par KP. Soit alors a le plus petit entier naturel tel que $4a > e$; on déduit facilement de ce qui précède la structure du groupe G_a : G_a peut en effet être considéré comme module par rapport au groupe des entiers p-adiques, et, comme tel, on trouve qu'il

possède une base de d éléments, d étant le degré de $k_{\mathfrak{p}}$ par rapport au corps p-adique k_p; autrement dit, G_n est un produit direct de d groupes isomorphes au groupe additif des entiers p-adiques.

De ce qui précède résulte en particulier que le point P ne peut être d'ordre fini (dans le groupe G) si $4n(P) > e$. Si en particulier $k_{\mathfrak{p}}$ se réduit au corps p-adique k_p, d'où $d = e = 1$, *tout point d'ordre fini est à coordonnées entières*. Il est intéressant d'observer que le même résultat subsiste pour le corps des nombres rationnels : si A et B sont des entiers rationnels, tout point rationnel P d'ordre fini, sur la cubique de genre 1 $y^2 = x^3 - Ax - B$, est à coordonnées entières; en appliquant ce résultat à la fois à P et à 2P, on trouve que pour un tel point l'entier y doit être un diviseur du discriminant $4A^3 - 27B^2$, d'où l'on déduit aisément, pour toute équation donnée de cette forme, la détermination complète des solutions d'ordre fini.

THÉORIE DES NOMBRES. — *Sur les fonctions elliptiques $\mathfrak{p}$-adiques.* Note de M. **André Weil**, présentée par M. Élie Cartan.

On peut retrouver une partie des résultats contenus dans la Note ci-dessus de M[lle] E. Lutz par une autre voie, en uniformisant la courbe $y^2 = x^3 - Ax - B$, dans le corps $\mathfrak{p}$-adique, au moyen de développements en série formellement identiques à ceux des fonctions elliptiques en analyse ordinaire. On uniformise habituellement la courbe au moyen de la fonction de Weierstrass, par les formules $x = \wp u$, $y = \wp' u/2$; mais ces fonctions se prêtent mal à des développements en série autour de l'origine qu'on puisse aisément généraliser au cas $\mathfrak{p}$-adique; et l'on a vu dans la Note de M[lle] Lutz comment l'étude arithmétique du problème conduit à introduire le paramètre $t = x^{-\frac{1}{2}}$. Nous allons donc montrer comment on peut étendre aux corps $\mathfrak{p}$-adiques la définition de la fonction $\varphi(u) = [\wp u]^{-\frac{1}{2}}$; cette fonction satisfait à l'équation différentielle

$$(1) \qquad \varphi'(u) = \frac{d\varphi}{du} = \sqrt{1 - A\varphi^4 - B\varphi^6},$$

ou encore

$$(2) \qquad du = \frac{d\varphi}{\sqrt{1 - A\varphi^4 - B\varphi^6}},$$

et au moyen de cette fonction les coordonnées x, y d'un point de la courbe

s'expriment par les formules

$$(3) \qquad x = \frac{1}{\varphi^2}, \qquad y = \frac{\varphi'}{\varphi^3}.$$

D'ailleurs la fonction $\varphi(u)$ possède un théorème d'addition algébrique qu'on déduit aisément de celui de la fonction pu; si l'on pose $t = \varphi(u)$, $t' = \varphi(v)$, ce théorème s'écrit

$$(4) \qquad \varphi(u+v) = \frac{t+t'}{\sqrt{1+\Delta(u, v)}},$$

où l'on a posé :

$$\Delta(u, v) = \frac{2tt'\left[A(t^2+tt'+t'^2)+B(t^2+tt'+t'^2)+\frac{A^2}{4}t^2t'^2(t+t')^2\right]}{\varphi'(u)\varphi'(v)+1-\frac{A}{2}tt'(t^2+t'^2)-Bt^3t'^3}.$$

Plaçons-nous maintenant dans un corps $\mathfrak{p}$-adique; soient A, B entiers dans ce corps, et supposons, pour simplifier, $p \neq 2$. On sait qu'alors les développements en série de $(1+z)^{1/2}$ et de $(1+z)^{-1/2}$ suivant les puissances de z (dont les coefficients n'ont en dénominateur que des puissances de 2) sont convergents $\mathfrak{p}$-adiquement dès que z est multiple de $\mathfrak{p}$; en développant alors en série, suivant les puissances de φ, le second membre de (2), et en intégrant formellement terme à terme, on obtient une fonction $u(\varphi)$, définie par un développement en série de puissances qui est convergent dès que φ est multiple de $\mathfrak{p}$; on vérifie facilement que u est entier dès que $\varphi \equiv 0(p^{1/p})$; plus précisément, soit ρ le plus grand nombre rationnel tel que (dans une extension convenable de $k_\mathfrak{p}$) p^ρ divise φ; u sera entier si $\rho > 1/p$; et si $\rho > 1/p - 1$, c'est-à-dire si $\alpha = (p-1)\rho - 1 > 0$, on aura

$$\frac{u}{\varphi} \equiv 1 \qquad (p^\alpha).$$

Réciproquement, cherchons à définir la fonction $\varphi(u)$, au moyen de l'équation différentielle (1) : il suffira de remarquer que la démonstration, au moyen des séries majorantes, du théorème d'existence des solutions des équations différentielles, reste valable dans les corps $\mathfrak{p}$-adiques. Dans le cas qui nous occupe, développons en série, suivant les puissances de φ, le second membre de (1), et dérivons cette équation $n-1$ fois; on montre facilement par récurrence que $d^n\varphi/du^n$ s'exprime, au moyen de φ, par une série de puissances dont chaque coefficient est un polynome en A, B; et que ces polynomes en A, B ont pour coefficients numériques des nombres rationnels ordinaires dont les dénominateurs sont des puissances de 2. En

faisant, dans ces formules, $u = 0$, d'où $\varphi = 0$, on obtiendra alors, pour $\varphi^{(n)}(0)$, des expressions $P_n(A, B)$ dont les valeurs seront des entiers $\mathfrak{p}$-adiques. Par conséquent la série

$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{P_n(A, B)}{n!} u^n$$

qui satisfait formellement à (1), possède même rayon de convergence $\mathfrak{p}$-adique que la série exponentielle, c'est-à-dire qu'elle définit une fonction $\varphi(u)$ chaque fois que $u \equiv 0(p^\rho)$ pour un $\rho > 1/p - 1$. D'ailleurs, en analyse ordinaire, si A, B sont des nombres complexes tels que $4A^3 - 27B^2 \neq 0$, cette série définit, au voisinage de $u = 0$, une fonction qui satisfait à (4) : cette propriété s'exprime par des identités *algébriques* auxquelles satisfont les polynomes $P_n(A, B)$, et reste donc valable en analyse $\mathfrak{p}$-adique.

On en conclut en particulier, en reprenant les notations de la Note de Mlle Lutz, que, si m est un entier naturel quelconque tel que $m > e/p - 1$, il y a correspondance biunivoque entre les points du groupe G_m et les valeurs de u multiples de $\mathfrak{p}^m$, c'est-à-dire que, pour $m > e/p - 1$, G_m est isomorphe au groupe additif des entiers de $k_\mathfrak{p}$; on remarquera que Mlle Lutz démontre le même théorème pour $m > e/4$, quel que soit p; on voit donc que les fonctions elliptiques $\mathfrak{p}$-adiques donnent un résultat un peu plus précis que le raisonnement direct pour $p > 5$, mais moins précis pour $p = 3$. Quant au cas $p = 2$, on peut aussi le traiter par les méthodes exposées ici; mais, 2 apparaissant au dénominateur des séries que nous avons obtenues, l'on trouve naturellement des rayons de convergence plus petits que pour p premier impair.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur les chaînes discrètes de Markoff.* Note [1] de M. **Wolfgang Dœblin**, présentée par M. Émile Borel.

Les chaînes multiples de Markoff se ramenant aux chaînes simples, nous nous bornerons à ces dernières. Dans ce qui suit nous ne considérons que le cas d'un nombre fini d'états. Nous allons employer les notations de M. Fréchet [2].

1. Nous dirons qu'il existe un chemin de l'état E_i à l'état E_j d'ordre m, s'il existe m états $E_{i_1}, \ldots, E_{i_{m-1}}, E_j$ tels que le produit $p_{i_1} p_{i_{m-1}j}$ soit positif.

(1) Séance du 29 juin 1936.
(2) *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 1542.

S'il existe un chemin de E_i à E_j quels que soient les i et j, la matrice $\|p_{ij}\|$ sera dite semi-indécomposable. Alors nous pouvons montrer d'une façon élémentaire qu'il existe un certain nombre de groupes d'états $\mathcal{G}_1, \ldots, \mathcal{G}_e$ appelés *groupes finaux* (correspondant à des sous-matrices semi-indécomposables) dont le nombre est égal à la multiplicité de la racine unité dans l'équation caractéristique et jouissant des propriétés suivantes :

a, la probabilité pour que le système matériel se trouve encore à la $n^{\text{ième}}$ épreuve à l'extérieur de l'ensemble $\mathcal{G}_1 + \ldots + \mathcal{G}_e$ des groupe finaux tend vers zéro quand n augmente indéfiniment; b, le système ne peut pas quitter le groupe final $\mathcal{G}_i$ dans lequel il se trouve amené; c, il passera avec probabilité 1 une infinité de fois par chaque état de ce groupe final.

Ces considérations jointes aux suivantes permettent de donner des critères simples nécessaires et suffisants pour le cas positivement régulier, etc., que nous n'énonçons pas ici.

2. *Étude du mouvement à l'intérieur d'un groupe final.* — La condition pour qu'on s'y trouve dans le cas régulier est que si n_i désigne l'ordre d'un chemin quelconque de E_i en E_i, k le p. g. c. d. des n_i, on ait $k = 1$.

Supposons k quelconque. Partons d'un état E_1 déterminé, soit r_j l'ordre du chemin $E_1 E_j$, nous pouvons classer tous les états dans des groupes $\bar{1}, \ldots, \bar{k}$, tout groupe $\bar{e}$ réunissant les états E_j pour lesquels $r_j \equiv e (\operatorname{mod} k)$. Soient $E_i \varepsilon \bar{l}_1$ $E_j \varepsilon \bar{l}$, alors $P_{ij}^n = 0$ pour $n \not\equiv (l - l_1) (\operatorname{mod} k)$ et $P_{ij}^n \to P_j > 0$ pour $n \equiv (l - l_1) \operatorname{mod} k$.

Soit m_i^n le nombre de réalisation de E_i dans n épreuves, $\mathcal{E}(m_i^n) \approx \Pi_i n$ où $\Pi_i = P_i / k$, l'écart-type de m_i^n est soit identiquement nul (cas non aléatoire), soit de la forme $\sigma_i \sqrt{n} + O(1/\sqrt{n})$. Dans ce dernier cas, la loi de probabilité de $(m_i^n - \Pi_i n) / \sigma_i \sqrt{n}$ tendra vers la loi de Gauss réduite. La probabilité pour qu'on ait pour au moins un $n > N \, | m_i^n - \Pi_i n | > \sqrt{2\sigma_i^2 n (\log 2n + c \log 3n)}$ sera $= 1$ si $c \leqq 1/2$, tendra vers zéro avec $1/N$ si $c > 3/2$.

Faisons maintenant correspondre à chaque état E_i un nombre X_i, alors si nous sommes dans un cas aléatoire $\mathcal{E}[X^{(1)} + \ldots + X^{(n)}] \approx n$ et $\mathcal{E}[\Sigma X^{(i)} - \alpha n]^2 \approx \sigma^2 n$.

La loi que suit $[\Sigma X^{(i)} - \alpha n] / \sigma \sqrt{n}$ tendra vers la loi de Gauss réduite, les moments de $[\Sigma X^{(i)} - \alpha n] / \sigma \sqrt{n}$ tendront vers ceux de la loi de Gauss et le théorème du logarithme itéré dans la forme de M. P. Lévy sera vérifié.

3° *Cas général.* — Il y aura un certain nombre de groupes finaux $\mathcal{G}_1 \ldots \mathcal{G}_2$ avec des probabilités limites θ_ϑ (fonction des probabilités initiales) pour que le système passe finalement à l'intérieur du groupe $\mathcal{G}_\vartheta$. Soient alors

$\alpha_\vartheta n$ et $\sigma_\vartheta\sqrt{n}$ les parties principales de l'espérance mathématique et de l'écart-type de $\Sigma X^{(i)}$ calculés sous l'hypothèse que l'état initial se trouvait dans $\mathcal{G}_\vartheta$. Si les α_ϑ ne sont pas toutes égales, $\Sigma X^{(i)}/n$ prendra à la limite avec les probabilités θ_ϑ les valeurs α_ϑ. Si les α_ϑ sont toutes égales à α la loi de probabilités totales de $[\Sigma X^{(i)} - n\alpha]/\sqrt{n}$ tend vers

$$\sum_\vartheta^{(1)} \theta_\vartheta \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_\vartheta} \int_{-\infty}^{X} e^{-\frac{t^2}{2\sigma_\vartheta^2}} dt + \sum_\vartheta^{(2)} \theta_\vartheta \frac{|X| + X}{2X},$$

la première somme étant étendue à ceux des groupes finaux pour lesquelles $\sigma_\vartheta \neq 0$, la seconde aux autres. Donc sauf dans des cas banaux, on n'aura pour limite la loi de Gauss que dans le cas d'un seul groupe final.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur la notion de collectif.* Note de M. **Jean-André Ville**, présentée par M. Émile Borel.

Nous nous proposons d'étudier la notion d'irrégularité d'une suite (*Regellosigkeit*), notion utilisée par M. von Mises dans sa définition du collectif (¹).

1. Représentons la suite infinie des résultats d'une suite infinie d'épreuves indépendantes, de même probabilité p, par une suite x de 0 et de 1 (²). Supposons, pour simplifier l'exposé, que $p = 1/2$.

M. Wald a défini un collectif relativement à une infinité dénombrable de procédés de choix (³). A tout collectif nous pouvons associer un point de segment $(0, 1)$. L'on démontre sans peine qu'étant donné un système dénombrable S de procédés de choix, l'ensemble des points du segment $(0, 1)$ qui ne représentent pas des collectifs relativement à S est de mesure nulle. Nous avons démontré que la réciproque est fausse : *il existe des ensembles de mesure nulle tels que, quel que soit* S, *il existe des points de l'ensemble qui représentent des collectifs relativement à* S.

2. Pour obtenir une théorie où cette dissymétrie n'intervienne plus, nous substituons à la notion de *procédé de choix* celle de *martingale*. Supposons toujours $p = 1/2$; soit un joueur disposant d'une somme égale à l'unité, et qui se propose de jouer indéfiniment, en n'engageant à chaque

(¹) *Wahrscheinlichkeitsrechnung*, Leipzig und Wien, 1931.

(²) Voir notre Note, *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 1393.

(³) *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 180.

coup qu'une certaine proportion de la somme qu'il possède alors, proportion dépendant, d'une manière donnée, de la suite des résultats déjà obtenus. La martingale à laquelle il obéira peut se définir sans ambiguïté d'une manière analogue à celle utilisée par M. Wald pour définir le procédé de choix. Une suite x est un collectif relativement à une martingale M si la suite des sommes obtenues par un joueur appliquant la martingale M, en supposant que x soit la suite des résultats obtenus, a, au cours de la partie, une borne supérieure finie.

Avec cette notion : quel que soit M, l'ensemble des points représentant des collectifs relativement à M est de mesure 1; et réciproquement : *quel que soit l'ensemble* A *de mesure nulle, il existe une martingale* M *telle qu'aucun des points de* A *ne représente un collectif relativement à* M.

STATISTIQUE. — *Les inondations et la théorie de la plus grande valeur.* Note [1] de M. **E. J. Gumbel**, présentée par M. Émile Borel.

Les inondations sont certainement les plus grandes valeurs des débits. Or plusieurs auteurs, par exemple MM. R. Gibrat [2] et H. Graszberger [3], ont montré que l'on peut traiter le débit d'un grand fleuve en première approximation comme une variable statistique soumise à une distribution de Galton, qu'on obtient de la distribution de Gauss par une transformation logarithmique. Puisque la distribution finale de la plus grande valeur a la même forme pour toutes les distributions initiales du type exponentiel, on peut essayer de représenter la distribution des inondations par celle de la plus grande valeur [4] sans introduire des formules d'interpolation [5], employées jusqu'à maintenant.

Parmi n années, le nombre d'années $n\mathfrak{W}(x)$ ayant un débit maxima inférieur à x, est donc

$$(1) \qquad n\,\mathfrak{W}(x) = ne^{-e^{-y}}; \qquad y = \alpha(x - \tilde{u}).$$

(1) Séance du 15 juin 1936.

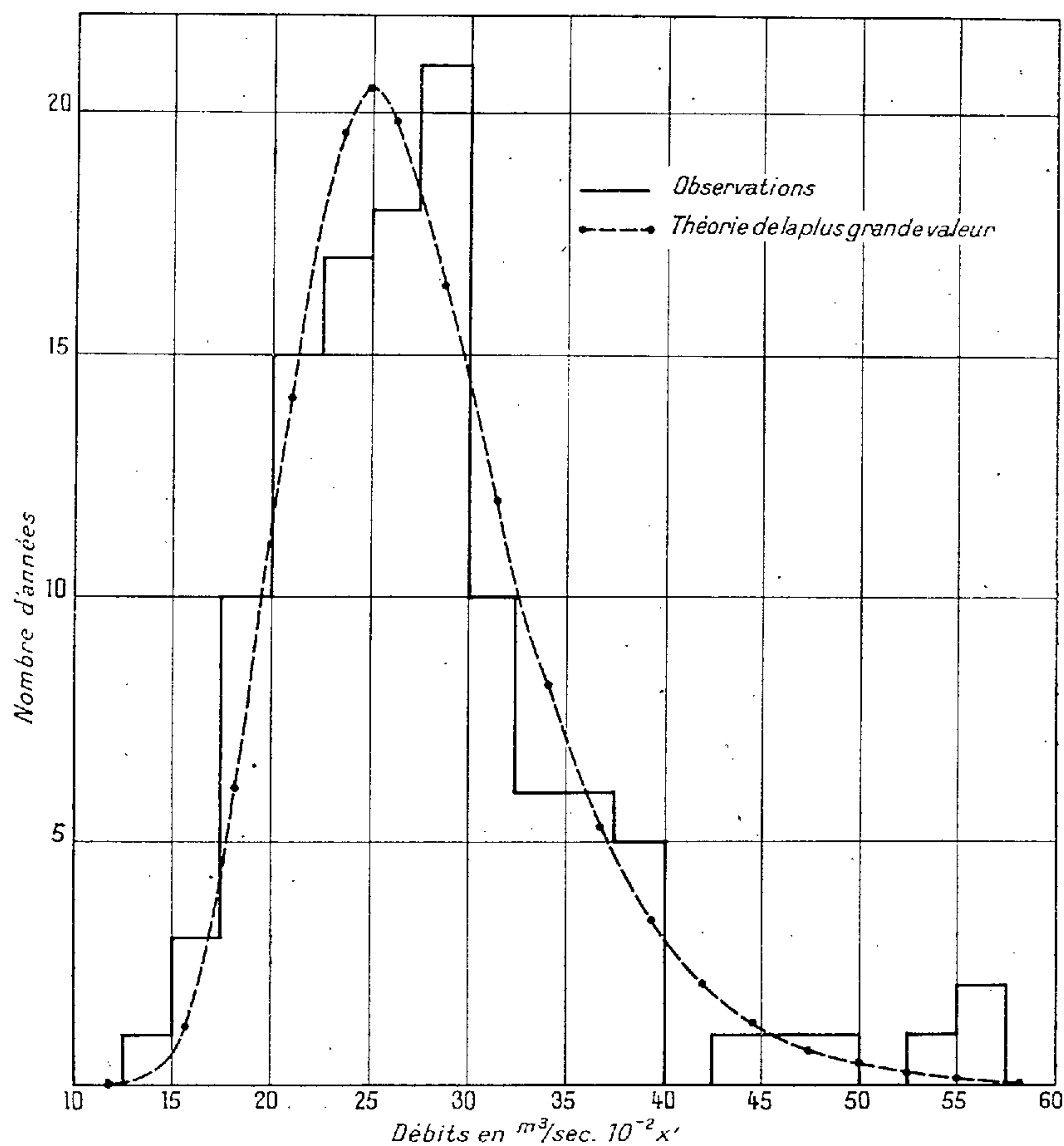
(2) *La Statistique Mécanique*, **1**, nos **18** et **19**, p. 7, Paris, 1934.

(3) *Die Wasserwirtschaft*, **25**, nos I-VI, Vienne, 1932, p. 16, 31, 35.

(4) E. J. Gumbel, *Annales de l'Institut H. Poincaré*, **4**, II, Paris, 1935, p. 115.

(5) A. Coutagne, *La Technique Moderne*, **26**, XIV, XV, p. 477, Paris, 1934; *Étude analytique des débits de crue. — Introduction à l'étude rationnelle de l'hydrologie fluviale*. Comité national français de l'Union internationale de Géodésie et de Géophysique, Congrès de Stockholm, 1930, p. 85 et 98.

Si le nombre n est élevé, le calcul des deux constantes α et $\tilde{u}$ à l'aide des moments d'une répartition observée devient fastidieux. Voilà pourquoi on les détermine par la médiane u_0 et les deux quartiers u_1, u_2 de la courbe en échelle observée, quoique ce procédé entraîne, dans le cas de la fré-



Distribution des débits de crue du Rhin 1808-1925.

quence (1) une perte en précision. Les définitions de u_0, u_1, u_2 mènent aux équations

$$\tilde{u} = u_0 - \frac{0,36651}{\alpha}; \qquad \frac{1}{\alpha} = 0,63591\,(u_2 - u_1) \tag{2}$$

Un tableau des valeurs $\mathfrak{W}(x)$ ayant été calculé (Gumbel, *loc. cit.*), on obtient les débits maxima x de probabilité $\mathfrak{W}(x)$ en déterminant x par la

transformation linéaire (1). On peut s'attendre à ce qu'un débit maxima situé entre x_1 et x_2 arrivera $n[\mathfrak{W}(x_2) - \mathfrak{W}(x_1)]$ fois.

Pour le Rhin à Bâle, et pour les $n = 118$ années de 1808 à 1925, les débits maxima sont contenus dans la publication de C. Ghezzi [1]. On tire de ces observations $u_0 = 2682,5$; $u_1 = 2251$; $u_2 = 3078$, ce qui mène, à l'aide de (2), à la transformation linéaire

$$x = 2489,28 - 527,17y.$$

Puisque le tableau des valeurs $\mathfrak{W}(x)$ s'échelonne par intervalles $\Delta y = 1/2$, ce qui correspond à $\Delta x = 263,58$, et, puisque les observations ont été classées par intervalles de $\Delta x = 250$, les valeurs $\Delta\mathfrak{W}(x)$ du tableau ont été multipliées par 111,92. Le graphique compare la répartition observée des débits de crue du Rhin avec la distribution théorique calculée d'après (1). Le bon accord montre que l'application de la plus grande valeur aux inondations est bien légitime.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *De quelques propriétés locales des continus euclidiens.* Note [2] de M. **Christian Pauc**, présentée par M. Élie Cartan.

Soient, dans tout ce qui va suivre, M un continu d'un espace euclidien et m_0 un de ses points de coordonnées éventuelles x_0 et y_0.

Propriété I. — M possède en m_0 une tangente, c'est-à-dire son contingent en m_0 se réduit à une droite ou à deux demi-droites opposées.

Propriété II. — M possède en m_0 une paratingente unique.

Théorème [3]. — *La condition nécessaire et suffisante pour qu'un continu* M *du plan possède en un de ses points m_0 une paratingente unique, c'est que ce continu dans un voisinage de m_0 soit un arc représentable par $y = f(x)$, f étant une fonction continue de x dans un intervalle $[x_0 - \varepsilon, x_0 + \varepsilon]$, telle que $y_0 = f(x_0)$ et admettant en x_0 une dérivée finie $f'(x_0)$ telle que*

$$\lim_{x=x_0} \overline{f}(x) = \lim_{x=x_0} \underline{f}(x) = f'(x_0),$$

(1) *Mitteilungen des Amtes für Wasserwirtschaft*, n° 19, Berne, 1926, p. 46.

(2) Séance du 22 juin 1936.

(3) A rapprocher de la condition pour l'existence d'une *Tangente im scharfen Sinne*, donnée par MM. Busemann et Feller (*Acta Mathematica*, 66, 1936, p. 6).

$\overline{f}$ et $\underline{f}$ désignant respectivement la dérivée supérieure et inférieure de la fonction f.

Nous exprimerons cette dernière condition en disant : *la fonction f admet pour $x = x_0$ une dérivée première continue au sens large.* La légitimité de cette désignation résulte de la proposition suivante :

THÉORÈME. — *Si la fonction f possède pour $x = x_0$ une dérivée première continue au sens large, il existe un intervalle $[x_0 - \varepsilon, x_0 + \varepsilon]$ sur lequel la fonction f a presque partout une dérivée première.*

Propriété III. — M possède en m_0 une courbure de Alt ([1]).

Nous dirons que le continu M possède au point m_0 une courbure k au sens de M. Alt, lorsque $\{p_n\}$ et $\{q_n\}$ étant deux suites de points de M convergeant vers m_0, l'expression $1/R_n$, où R_n désigne le rayon du cercle circonscrit au triangle $m_0 p_n q_n$ tend vers une limite égale à k, quelle que soient les suites $\{p_n\}$, $\{q_n\}$ convergeant vers m_0.

Définition ([2]). — Nous dirons *que la fonction $y = f(x)$ définie dans un intervalle $[x_0 - \varepsilon, x_0 + \varepsilon]$ possède pour la valeur x_0 une dérivée seconde au sens large,* lorsque l'expression

$$E(k, h) = \frac{2}{k-h}\left[\frac{f(x_0+k) - f(x_0)}{k} - \frac{f(x_0+h) - f(x_0)}{h}\right]$$

tend vers une limite finie quelle que soit la manière dont h et k tendent vers o.

Nous désignerons cette limite par $[f''(x_0)]$. Elle coïncide avec la dérivée seconde au sens classique $f''(x_0)$ lorsque la dérivée première existe dans un intervalle contenant x_0 à son intérieur. L'existence de $[f''(x_0)]$ entraîne celle d'une dérivée première finie. Nous poserons d'une façon générale

$$\overline{\overline{f}}(x_0) = \limsup_{k,\,h=0} E(k, h), \qquad \underline{\underline{f}}(x_0) = \liminf_{k,\,h=0} E(k, h).$$

THÉORÈME. — *La condition nécessaire et suffisante pour que le continu M dans le plan possède au point m_0 une courbure de Alt, c'est qu'un voisinage de m_0 sur le continu se laisse représenter par $y = f(x)$, f étant une fonction continue dans un intervalle $[x_0 - \varepsilon, x_0 + \varepsilon]$ avec $y_0 = f(x_0)$, admettant pour $x = x_0$ une dérivée seconde au sens large $[f''(x_0)]$.*

---

(1) *Dissertation*, Vienne, 1932.

(2) L'expression $E(k, h)$ a déjà été introduite par M. Denjoy (*Fund. Math.*, **25**, 1936, p. 306, et par M. Ph. Franklin (*Bul. of the Am. M. Soc.*, **41**, 1935, p. 573).

Si cette condition est vérifiée, la dérivée première $f(x_0)$ existe et est finie; l'expression de la courbure de Alt est alors $[f''(x_0)]/[1+f_1^2(x_0)]^{\frac{3}{2}}$.

Théorème (1). — *La condition nécessaire et suffisante pour que la fonction continue $y=f(x)$ définie sur un intervalle $[x_0-\varepsilon,\ x_0+\varepsilon]$ possède pour $x=x_0$ une dérivée seconde au sens large, c'est que :*

1° f admette pour cette valeur une dérivée première finie $f'(x_0)$

2° les deux expressions $[\overline{f}(x)-f'(x_0)]/(x-x_0)$ et $[\underline{f}(x)-f'(x_0)]/(x-x_0)$ aient toutes deux une limite finie quand $x \to x_0$.

S'il en est ainsi, ces deux limites sont égales, et leur valeur commune est $[f''(x_0)]$. De plus, à cause de $\lim\limits_{x=x_0}\overline{f}(x)=\lim\limits_{x=x_0}\underline{f}(x)=f'(x_0)$, la dérivée première existera presque partout en prenant des valeurs finies dans un voisinage de x_0.

Propriété IV. — M possède en m_0 une courbure de Menger (2).

Nous dirons qu'un continu M d'un espace euclidien possède au point m_0 une courbure k au sens de M. Menger lorsque $\{p_n\}$, $\{q_n\}$, $\{r_n\}$ étant trois suites de points de M convergeant vers m_0, l'expression $1/R_n$, où R_n désigne le rayon du cercle circonscrit au triangle $p_nq_nr_n$, tend vers une limite k, quelles que soient les suites $\{p_n\}$, $\{q_n\}$, $\{r_n\}$ convergeant vers m_0.

Théorème. — *La condition nécessaire et suffisante pour que le continu* M *dans le plan possède au point m_0 une courbure au sens de M. Menger, c'est qu'un voisinage de ce point sur le continu se laisse représenter par $y=f(x)$, f étant une fonction continue dans un intervalle $[x_0-\varepsilon,\ x_0+\varepsilon]$ avec $y_0=f(x_0)$, admettant sur cet intervalle une dérivée première finie et en x_0 une dérivée seconde $f''(x_0)$ telle que*

$$\lim_{x=x_0}\overline{\overline{f}}(x)=\lim_{x=x_0}\underline{\underline{f}}(x)=f''(x_0).$$

Nous exprimerons cette dernière condition en disant : *La fonction f admet pour $x=x_0$ une dérivée seconde continue au sens large.*

Théorème (3). — *La condition nécessaire et suffisante pour qu'une fonction f définie dans un intervalle $[x_0-\varepsilon,\ x_0+\varepsilon]$ admette pour $x=x_0$ une dérivée seconde continue au sens large, c'est que la dérivée première existe et soit finie dans un voisinage de x_0 et que de plus les deux expressions $\overline{f}'(x)$ et $\underline{f}'(x)$ aient toutes deux une limite finie lorsque x tend vers x_0.*

---

(1) Voir Alt, *Dissertation*, Vienne, 1932, p. 15.

(2) *Mathematische Annalen*, 103, 1930, p. 480.

(3) Voir Alt, *Dissertation*, Vienne, 1932, p. 7.

S'il en est ainsi, ces deux limites sont égales et leur valeur commune est $f''(x_0)$. *De plus, la dérivée seconde* (au sens classique) *existe presque partout dans un voisinage de* x_0.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la généralisation de Th. De Donder du théorème d'indépendance de Hilbert.* Note de M. **Jules Géhéniau**.

1. Lemme. — Soient $x^1, \ldots, x^n$ les variables indépendantes, $y^1, \ldots, y^m$ les fonctions et

$$j'_{(i)} \equiv \mathfrak{M}^i_\alpha \, \delta' y^\alpha \qquad \text{avec} \quad \delta' x^i \equiv 0 \tag{1}$$

un invariant intégral relatif des équations aux différentielles totales, immédiatement intégrables ([1]) *ou non*,

$$dy^\beta = Y^\beta_i \, dx^i \qquad (\alpha, \beta = 1, \ldots, m; \; i = 1, \ldots, n), \tag{2}$$

on a donc, par définition, identiquement en $x^1, \ldots, x^n, y^1, \ldots, y^m$,

$$\frac{\partial \mathfrak{M}^i_\alpha}{\partial x^i} + \frac{\partial \mathfrak{M}^i_\alpha}{\partial y^\beta} Y^\beta_i + \mathfrak{M}^i_\beta \frac{\partial Y^\beta_i}{\partial y^\alpha} \equiv \frac{\partial \mathfrak{W}}{\partial y^\alpha}, \tag{3}$$

où $\mathfrak{W}$ est une fonction des x et des y.

Pour que la forme

$$A_n \equiv \mathfrak{M}^i_\alpha \, \delta(x^1, \ldots, x^{i-1}, y^\alpha, x^{i+1}, \ldots, x^n) + (\mathfrak{W} - \mathfrak{M}^i_\alpha Y^\alpha_i) \, \delta(x^1, \ldots, x^n) \tag{4}$$

soit une différentielle exacte n-uple, il faut et il suffit que les $j'_{(i)}$ *soient des différentielles exactes* 1*-uples*.

2. Théorème d'indépendance. — Soit $\mathcal{F}$ une fonction des variables x^i, y^α, y^α_i. Soient alors

$$\bar{y}^\alpha_i \equiv \bar{y}^\alpha_i(x^1, \ldots, x^n, y^1, \ldots, y^m), \tag{5}$$

mn fonctions qui satisfont aux équations des extrémales relatives à $\mathcal{F}$; autrement dit, on a identiquement, en $x^1, \ldots, x^n, y^1, \ldots, y^m$,

$$\overline{\left(\frac{\partial \mathcal{F}}{\partial y^\alpha}\right)} - \frac{\bar{d}}{dx} \overline{\left(\frac{\partial \mathcal{F}}{\partial y^\alpha_i}\right)} \equiv 0, \qquad \text{où} \quad \frac{\bar{d}}{dx_i} \equiv \frac{\partial}{\partial x^i} + \bar{y}^\beta_i \frac{\partial}{\partial y^\beta}, \tag{6}$$

---

(1) Dans sa Note des *Comptes rendus*, 156, 1913, p. 868, Th. De Donder suppose que les équations (2) sont immédiatement intégrables, et cela en vue de construire un champ d'extrémales.

le tiret horizontal placé au-dessus d'une fonction indique qu'on a remplacé les y_i^α par les fonctions (5). Posons

$$(1') \qquad \bar{j}_{(i)} \equiv \bar{p}_\alpha^i \,\delta' y^\alpha, \qquad \text{où} \quad \bar{p}_\alpha^i \equiv \overline{\left(\frac{\partial \mathcal{F}}{\partial y_i^\alpha}\right)}$$

et utilisons les équations aux différentielles totales immédiatement intégrables *ou non :*

$$(2') \qquad dy^\alpha = \bar{y}_i^\alpha \, dx^i.$$

On vérifiera qu'on a, en vertu de (6), identiquement en x, y,

$$(3') \qquad \frac{\partial \bar{p}_\alpha^i}{\partial x^i} + \frac{\partial \bar{p}^i}{\partial y^\beta} \bar{y}_i + \bar{p}_\beta^i \frac{\partial \bar{y}_i^\beta}{\partial y^\alpha} \equiv \frac{\partial \bar{\mathcal{F}}}{\partial y^\alpha}.$$

Considérons la forme n-uple :

$$(4') \qquad \bar{j} \equiv \bar{p}_\alpha^i \,\delta(x^1, \ldots, x^{i-1}, y^\alpha, x^{i+1}, \ldots, x^n) + (\bar{\mathcal{F}} - \bar{p}_\alpha^i \bar{y}_i^\alpha)\,\delta(x^1, \ldots, x^n);$$

d'où, la généralisation de Th. De Donder (*loc. cit.*) du théorème d'indépendance de Hilbert : *pour que $\bar{j}$ soit une différentielle exacte n-uple, il faut et il suffit que les $\bar{j}_{(i)}$ soient des différentielles exactes 1-uples.*

3. Théorème. — Soit $V_{(i)} \equiv V_{(i)}(x^j, y^\alpha)$ une solution quelconque de l'équation de Jacobi généralisée [1] correspondant aux équations des extrémales relatives à $\mathcal{F}$. Écrivons

$$(7) \qquad \bar{p}_\alpha^i \equiv \frac{\partial V_{(i)}}{\partial y^\alpha} \qquad \text{et} \qquad \overline{\left(\frac{\partial \mathcal{F}}{\partial y_i^\alpha}\right)} = \frac{\partial V_{(i)}}{\partial y^\alpha}.$$

La forme (1') sera alors une différentielle exacte et les $\bar{y}_i^\alpha$ tirés de (7) satisferont aux identités (6). *La forme $\bar{j}$, où les $\bar{p}_\alpha^i$, $\bar{y}_i^\alpha$ sont définis par (7), sera donc une différentielle exacte.*

4. *L'excès de Weierstrass.* — Soit $y_0^\alpha(x)$ une solution des équations $dy^\alpha/dx^i = \bar{y}_i^\alpha$, où les $\bar{y}_i^\alpha$ satisfont à (6). Cette solution y_i^α sera une extrémale relative à $\mathcal{F}$. La formule d'excès de Weierstrass généralisée se déduira donc

---

[1] Pour plus de détails, voir Th. De Donder, *Bull. Ac. R. Belg.*, Cl. des Sc., 16, 1930, p. 704, ou *Théorie invariantive du Calcul des Variations*, nouvelle édition, 1935, Chap. IX et X.

encore du théorème d'indépendance de Hilbert-De Donder comme nous l'avons montré ailleurs ([1]).

5. Les *mn* fonctions (5) définissent un champ de *géodésiques* de C. Carathéodory et de H. Weyl ([2]).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les séries de Fourier lacunaires. Théorèmes directs.* Note de MM. **S. Mandelbrojt** et **Norbert Wiener**, présentée par M. Émile Borel.

Mandelbrojt a démontré les théorèmes suivants :

Théorème I. — 1° *Si $f(t)$ est intégrable* L *dans l'intervalle* $(0, 2\pi)$, *et si*

$$\overline{\lim_{\alpha \to +0}} \left\{ -\left(\frac{1}{\log \alpha}\right) \log \left[-\log \int_{t_0}^{t_0+\alpha} |f(t)|\, dt \right] \right\} = \delta > 0 \qquad (0 \leq t_0 < 2\pi);$$

2° *Si*

$$f(t) \sim \sum_{\nu=1}^{\infty} (a_{n_\nu} \cos n_\nu t + b_{n_\nu} \sin n_\nu t),$$

où

$$\Sigma n_\nu^{-\sigma-\varepsilon} < \infty, \qquad \Sigma n_\nu^{-\sigma+\varepsilon} = \infty \quad (\textit{pour tout } \varepsilon > 0) \qquad (\sigma < 1);$$

3° *Si*

$$\delta > \sigma(1-\sigma)^{-1},$$

la fonction $f(t)$ est nulle presque partout ([3]).

Théorème II. — 1° *Si $f(t)$ possède la propriété 2° du théorème I;*

2° *Si $f(t)$ est indéfiniment dérivable, ses dérivées vérifiant les inégalités*

$$|f^{(n)}(t)| < \mathrm{K}^n m_n \qquad (0 \leq t \leq 2\pi)$$

où

$$\frac{1}{\sigma} > \underline{\lim_{n \to \infty}} \frac{\log m_n}{n \log n};$$

3° *Si*

$$f^{(n)}(0) = 0 \qquad (n = 0, 1, 2, \ldots)$$

$f(t)$ est identiquement nulle (Mandelbrojt, *loc. cit.*).

([1]) *Bull. Ac. R. Belg.*, Cl. des Sc., **21**, 1935, p. 385.

([2]) *Annals of Mathematics*, **36**, 1935, p. 607, ainsi que *Physical Review*, **46**, 1934, p. 505.

([3]) Mandelbrojt, *Séries de Fourier et classes quasi-analytiques de fonctions*, Paris, 1935, p. 101 et 128.

La méthode de Mandelbrojt relève essentiellement de la possibilité de construire une famille de fonctions $\varphi_\alpha(t)\,(t \geqq 0)$, nulles pour $t > \alpha$, leurs maxima $M_\alpha = \mathrm{Max}\,|\varphi_\alpha(t)|$ ne croissant pas trop vite lorsque $\alpha \to 0$, leurs coefficients de Fourier étant tous nuls pour les indices $n = n_\nu$ ($\nu = 1, 2, \ldots, p-1, p+1, \ldots$) sauf pour $\nu = p$, les coefficients d'indice n_p ne décroissant pas trop vite avec α. M. Mandelbrojt a réalisé cette construction en partant de la théorie des fonctions quasi-analytiques.

Or Wiener et Palay ont démontré qui si $\Phi(z)$ est une fonction entière telle que $\Phi(z) = o\,(e^{\alpha|z|})$, $\int_{-\infty}^{\infty} |\Phi(x)|^2\,dx < \infty$, la fonction $g(t)$, dont $\Phi(z)$ est la transformée de Fourier, est liée à celle-ci par la relation $\Phi(z) = \int_{-\alpha}^{\alpha} g(t)\,e^{itz}\,dt$ [1]. Les méthodes de Wiener et Palay permettent alors de construire des fonctions $g_\alpha(t)$ pouvant intervenir dans les démonstrations des théorèmes de Mandelbrojt au même titre que les fonctions $\varphi_\alpha(t)$ de ce dernier. La théorie des transformées de Fourier fournit ainsi un instrument utile dans les considérations qui précèdent. En remarquant que les théorèmes de Denjoy-Carleman peuvent également être démontrés par la théorie des transformées de Fourier (Palay and Wiener, *loc. cit.*), on pourra comparer facilement les deux méthodes dont il est question dans cette Note. (Étant donné la relation qui existe entre la théorie des fonctions quasi-analytiques et celle des transformées de Fourier.) Voici les grandes lignes de la démonstration du théorème I.

Soient $z = x + iy$, $\vartheta = 1 + \varepsilon$ ($\varepsilon > 0$), $N > 2^{\frac{1}{\varepsilon}} - 1$, et posons

$$F(z) = \frac{\sin \pi z}{z \prod\limits_{n<N} \left(1 - \frac{z^2}{[n^\vartheta]^2}\right)}, \qquad \Phi_\alpha(z) = \prod_{n>1} \left(1 - \frac{z^2}{n_\nu^2}\right) F(\alpha z + i).$$

On a pour tout $\sigma' > \sigma$ ($1/\vartheta > \sigma'$), A et $B^{\sigma'}$ étant des constantes > 0,

$$(1) \qquad |\Phi_\alpha(x)| < B_{\sigma'} e^{-A(|x|\alpha)^{\frac{1}{\vartheta}} + x^{\sigma'}},$$

$$(2) \qquad \Phi_\alpha(z) = o(e^{K\alpha|z|}) \qquad (k > \pi).$$

Il résulte de la théorie des transformées de Fourier

$$\Phi_\alpha(z) = \int_{-K\alpha}^{K\alpha} g_\alpha(t)\,e^{itz}\,dt; \qquad \int_{-\infty}^{\infty} |x\Phi_\alpha(x)|^2\,dx = \frac{1}{2\pi} \int_{-K\alpha}^{K\alpha} |g'_\alpha(t)|^2\,dt.$$

---

(1) Palay and Wiener, *American Math. Soc. Colloquium Publication*, **19**, 1934, p. 12 et 14.

d'où l'on tire, en vertu de (1),

$$\int_{-K\alpha}^{K\alpha} |g'_\alpha(t)|^2 \, dt = O\left(e^{\alpha \frac{-\sigma'}{1-\sigma'\vartheta}}\right),$$

$$\operatorname*{Max}_{|t| \leqq K\alpha} |g_\alpha(t)| = O\left(e^{\alpha \frac{-\sigma'}{1-\sigma'\vartheta}}\right),$$

Posons $t_0 = 0$, $n_1 = 0$; on a, pour α assez petit,

$$a_0 = \int_0^{2k\alpha} f(t)\, g(t - k\alpha)\, dt \left[\int_0^{2k\alpha} g(t - k\alpha)\, dt\right]^{-1} = \frac{1}{\operatorname{sh}\pi} \int_0^{2k\alpha} f(t)\, g(t - k\alpha)\, dt.$$

D'où il résulte

$$|a_0| \leqq \operatorname*{Max}_{|t| \leqq k\alpha} |g_\alpha(t)| \int_0^{2k\alpha} |f(t)|\, dt = \int_0^{2k\alpha} |f(t)|\, dt . O\left(e^{\alpha - \frac{\sigma'}{\sigma'\vartheta}}\right).$$

En donnant à α les valeurs α_n telles que

$$\int_0^{2k\alpha_n} |f(t)|\, dt < e^{-(2k\alpha_n)^{-\delta+\eta}} \qquad (\eta > 0, \text{ petit}),$$

on voit, en posant $\alpha_n \to 0$, que $a_0 = 0$. Pour démontrer que a_{n_p} est égal à zéro on remplacera $f(t)$ par $f(t) \cos n_p t$; de même pour b_{n_p}, on considérera $f(t) \sin n_p t$.

Si l'on suppose que $f(t)$ est une fonction paire (et si $t_0 = \pi$) les démonstrations se simplifient, car on peut alors n'employer qu'une seule fonction $\Phi(z)$, au lieu d'une famille Φ_α.

Quant au théorème II, Mandelbrojt l'a tiré du théorème I, mais on peut aussi le démontrer directement.

THÉORIE DE L'ÉLASTICITÉ. — *Le problème de Barré de Saint-Venant dans un milieu homogène qui se déforme à partir d'un état de contrainte.* Note (1) de M. **Charles Platrier**, présentée par M. Émile Jouguet.

Cette Note fait suite à deux Communications (2) sur des généralisations du problème de Saint-Venant, dont les notations sont à nouveau adoptées ici. Je suppose que la barre homogène parfaitement flexible de

(1) Séance du 29 juin 1936.

(2) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1650 et 1906.

Saint-Venant est, *après déformation, un prisme de génératrices parallèles à Oz*, et que ce prisme est déformé, non plus à partir d'un état sans contrainte, dit naturel, mais à partir d'un état de contrainte, les tensions étant dans la barre avant déformation, définies par le tenseur $\overline{\overline{T}}_0(0, 0, \eta_3, 0, 0, 0)$, dont la coordonnée non nulle η_3 est la même en tout point du milieu élastique. Je suppose en outre que

$$\Delta_{14} = \Delta_{24} = \Delta_{34} = \Delta_{64} = \Delta_{15} = \Delta_{25} = \Delta_{35} = \Delta_{65} = 0,$$

dans le milieu en question, dont la nature dépend alors de treize coefficients de Lamé arbitraires, conformément aux hypothèses (3) de ma Note du 8 juin déjà citée. Pour éviter de longs développements de calcul, je vais donner ci-dessous la solution du problème de Saint-Venant dans les conditions précitées, en supposant les nombres ϖ_1, ϖ_2, ϖ_3 ϖ_4, ϖ_5, ϖ_6 tels que

$$\varpi_1 = \varpi_2 = -\sigma, \qquad \varpi_3 = 0,$$
$$\varpi_4 = \varpi_5 = \tau, \qquad \varpi_6 = 0,$$

σ et τ étant deux nouveaux nombres (mais il n'existe aucune difficulté analytique nouvelle à laisser ϖ_1, ϖ_2, ϖ_3, ϖ_4, ϖ_5, ϖ_6 quelconques, comme je l'ai fait dans ma Note précitée du 8 juin).

Les dernières hypothèses que je viens de faire sont en particulier réalisées dans le cas de M. Boussinesq où :

$$(2) \qquad \sigma = \frac{\lambda'}{2(\lambda+\mu)}, \qquad \tau = \frac{\lambda(\mu + 2\mu'') + 2\mu\mu'' + \lambda^2 - \lambda'^2}{\mu'(\lambda+\mu)}.$$

Sans nous limiter à ce cas particulier, posons

$$(3) \qquad \frac{\Delta}{\Delta_{33}} = 2\mu'\tau, \qquad \frac{\eta_3}{2\mu'} = k, \qquad \varpi = \frac{\sigma}{\tau - k(1-2\sigma)},$$

μ' étant un coefficient de Lamé, k et ϖ deux nouveaux nombres. La solution du problème ci-dessus défini est donnée par les formules :

$$(4) \qquad \left\{ \begin{aligned} &N_1 = N_2 = T_3 = 0,\\ &N_3 = \eta_3 + z(ax+by) + mx + ly + c,\\ &2T_1 = \frac{\partial\varphi}{\partial y} + b[\varpi(1+k)x^2 - y^2] + 2nx(1+k),\\ &2T_2 = \frac{\partial\varphi}{\partial x} + a[\varpi(1+k)y^2 - x^2] - 2ny(1+k), \end{aligned} \right.$$

$\varphi(x, y)$ étant une fonction harmonique telle que, sur le contour L de la *section droite du prisme déformé* de Saint-Venant *dont la normale a pour*

cosinus directeurs λ, μ, ν

$$(5)\qquad \frac{d\varphi}{dn} = \lambda\{2n(1+k)y + a[x^2 - \varpi y^2(1+k)]\} + \mu\{-2n(1+k)x + b[y^2 - \varpi x^2(1+k)]\}.$$

Les déformations et la rotation sont définies par

$$(6)\qquad \left\{\begin{aligned} & e_1 = e_2 = -\sigma e_3, \qquad g_3 = 0, \qquad 2\mu' e_3 = \frac{\varpi}{\sigma}(N_3 - \eta_3);\\ & 2\mu' g_1 = \frac{T_1}{1-k} + \frac{k\varpi}{1-k}\left[axy + \frac{b}{2}(y^2 - x^2)\right] - \frac{2nk}{1-k}x + \frac{k}{1+k}\frac{\varpi}{\sigma}\left(\frac{bz^2}{2} + lz\right);\\ & 2\mu' g_2 = \frac{T_2}{1-k} + \frac{k\varpi}{1-k}\left[bxy + \frac{a}{2}(x^2 - y^2)\right] + \frac{2nk}{1-k}y + \frac{k}{1+k}\frac{\varpi}{\sigma}\left(\frac{az^2}{2} + mz\right),\\ & 2\mu' p = \frac{1}{k}(2\mu' g_1 - T_1), \qquad 2\mu' q = -\frac{1}{k}(2\mu' g_2 - T_2),\\ & 2\mu' r = \varpi[z(bx - ay) + lx - my] + 2nz. \end{aligned}\right.$$

Il est essentiel de souligner que *la solution ci-dessus suppose une barre qui, après déformation, est un prisme droit* à génératrices parallèles à Oz. Si la barre était un prisme *avant déformation*, il faudrait ajouter au second membre de la condition (5) le terme

$$(7)\qquad \eta_3[(q + g_2)\alpha - (p - g_1)\beta]$$

et remplacer dans cette condition λ, μ, ν par α, β, γ cosinus directeurs de la normale à la section droite du prisme initial, en vertu des relations

$$(8)\qquad \left\{\begin{aligned} \lambda &= \alpha(1 + e - e_1) + (q - g_2)\gamma - (r + g_3)\beta,\\ \mu &= \beta(1 + e - e_2) + (r - g_3)\alpha - (p + g_1)\gamma,\\ \nu &= \gamma(1 + e - e_3) + (p - g_1)\beta - (q + g_2)\alpha. \end{aligned}\right.$$

Mais alors, en vertu des relations (6), le terme (7) est fonction de z et la recherche de $\varphi(x, y)$ n'est plus possible que si les flexions sont nulles ou si la tension initiale η_3 est nulle (cas examiné dans ma Note du 8 juin déjà citée) ou infiniment petite.

La généralisation précédente du problème de Saint-Venant peut d'ailleurs être associée à une autre généralisation concernant l'imparfaite flexibilité du milieu élastique comme je l'ai exposé dans ma Note du 18 mai déjà citée.

ASTRONOMIE. — *Sur l'irrégularité de la rotation de la Terre.*
Note (1) de M. **Nicolas Stoyko**, présentée par M. Ernest Esclangon.

L'étude de mouvement de la Lune et des planètes a montré l'existence d'irrégularités dans la rotation de la Terre. Ces irrégularités peuvent atteindre une seconde de temps ou plus par an (2).

L'étude de ces mouvements permet de déceler des irrégularités à longue période dans la rotation de la Terre, tandis que les irrégularités à courte période ne peuvent être déterminées par cette méthode : ce sont les horloges de précision qui peuvent donner la possibilité de les découvrir.

La comparaison des horloges de deux services horaires, ou plus, pourra permettre de reconnaître une part d'irrégularité attribuable à la rotation de la Terre, une autre à la marche des horloges.

En utilisant les données se rapportant aux pendules du Bureau International de l'Heure (3), nous avons trouvé les résidus moyens suivants de marche journalière (moyennes mensuelles) par rapport à une formule linéaire :

1934.	s	1934-1935.	s	1935.	s	1935-1936.	s
16 janv..	+0,0021	14 août.	+0,0027	12 mars.	−0,0020	8 oct..	+0,0009
15 févr..	+ 08	13 sept.	− 01	11 avril.	− 04	7 nov..	− 04
17 mars.	+ 10	13 oct..	− 16	11 mai..	− 20	7 déc...	+ 21
16 avril..	− 04	12 nov..	− 18	10 juin..	− 07	6 janv..	+ 24
16 mai..	− 05	12 déc..	− 24	10 juill..	− 09	5 févr..	+ 27
15 juin..	− 07	11 janv.	− 07	9 août..	− 06	6 mars.	− 05
15 juill..	+ 23	10 févr.	− 11	8 sept..	+ 14	5 avril.	− 14

Ces résultats sont représentés graphiquement dans la figure ci-contre (ligne continue). Nous donnons sur la même figure les résidus correspondants des horloges à quartz de l'Institut Physico-Technique de Charlottenburg (ligne pointillée), d'après MM. A. Scheibe et U. Adelsberger (4). On remarque que les deux courbes pour la période de 18 mois (de jan-

(1) Séance du 29 juin 1936.

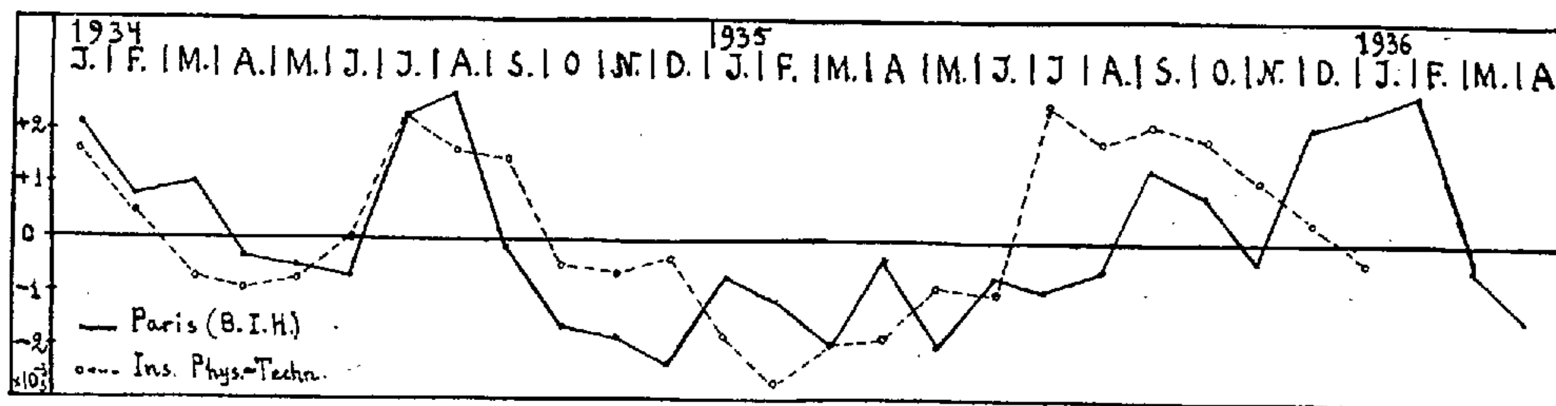
(2) E. Brown, *Transactions Astronom. Observatory of Yale University*, 3, vi, 1926, p. 209.

(3) N. Stoyko, *Bulletin Horaire*, 6, 1936, p. 27.

(4) A. Scheibe et U. Adelsberger, *Physikalische Zeitschrift*, 37, cahier 11, 1936, p. 415.

vier 1934 à juin 1935) sont presque parallèles. Dans la dernière partie (de juillet 1935 à janvier 1936), il existe une faible discordance qui peut provenir du fait qu'on n'a pas réussi à éliminer avec quelque certitude les variations dues à la marche des garde-temps.

Chaque courbe représente la somme des erreurs qu'il est possible d'attribuer, selon toute vraisemblance, aux irrégularités de la rotation de la Terre et des horloges. La différence des deux courbes dépend seulement des irrégularités des horloges de deux services. On peut former trois équations dont la résolution nous donne, pour l'irrégularité moyenne journalière de la rotation de la Terre : $E_r = 0^s{,}0010$, pour celle des horloges de Paris : $E_{Pa} = 0^s{,}0008$ et pour celle de l'Institut Physico-Technique : $E_I = 0^s{,}0008$.



Pour la période d'octobre 1934 à août 1935 la courbe de Paris donne un retard de $0^s{,}39$ ($0^s{,}00143 \times 270$) dans la rotation de la Terre et celle de l'Institut Physico-Technique $0^s{,}35$ ($0^s{,}00129 \times 270$); les deux valeurs sont concordantes.

On ne peut pas encore reconnaître si les irrégularités dans la rotation de la Terre sont périodiques et la valeur de la période. L'intervalle entre les deux maxima de retard dans la rotation de la Terre est de 10 mois pour les deux courbes. L'intervalle entre les deux maxima d'accélération est de 16 mois (Paris) et de 13 mois (Institut Physico-Technique). Étant donné la discordance entre les périodes, il faut attendre encore pour formuler une conclusion avec certitude.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur une définition de la légalité de la mécanique quantique.* Note de M. **René Dugas**, présentée par M. Louis de Broglie.

M'appuyant sur un Mémoire de M. J.-L. Destouches ([1]), je m'efforcerai de préciser ce qui subsiste de légalité en mécanique quantique.

1. *Observation maximum.* — L'état d'un système est caractérisé par l'observation maximum que l'on peut effectuer sur lui à un instant donné.

Au sens classique, cette observation est la mesure simultanée de toutes les variables spécifiant l'état. Pour une particule à un degré de liberté de coordonnée x et de moment conjugué p, l'observation maximum sera la mesure de x et de p (axiome copernicien des conditions initiales).

Au sens quantique, cette observation est la mesure simultanée du plus grand nombre possible d'observables attachées au système. Pour une particule à un degré de liberté, ce sera la mesure soit de x (axiome scholastique des conditions initiales), soit de p, soit d'une seule grandeur $F(x, p)$.

2. *Condition* A : *prévisibilité.* — A partir de l'observation maximum spécifiant l'état X_0 d'un système à l'instant t_0, il doit être possible d'effectuer, à l'égard de ce système à l'instant t, des prévisions que l'on notera $X(t)$.

M. J.-L. Destouches écrit cette condition.

$$(a) \qquad X(t) = \mathfrak{U}(t) X_0 \qquad (\mathfrak{U} \text{ désignant un opérateur appliqué à } X_0).$$

Il fait les hypothèses suivantes :

a_1, homogénéité du temps, en l'absence d'actions extérieures dépendant du temps;

a_2, propriété pour les $\mathfrak{U}$ de former un groupe.

3. *Relativité.* — L'équation (a) traduit la science d'un observateur unique. Si des observateurs différents peuvent vérifier cette loi, il y aura un principe de relativité traduisant l'invariance des $\mathfrak{U}$ pour l'ensemble des repérages correspondants.

4. *Condition* B : *stabilité.* — Dans toute théorie douée de sens physique, de faibles erreurs de mesure traduites par une incertitude banale sur X_0 ne doivent entraîner que de faibles oscillations de $X(t)$.

La nécessité de cette condition a été mise en évidence par Duhem.

([1]) *Bulletin de l'Académie royale de Belgique*, 22, 1936, p. 525.

M. Bouligand a défini et M. J.-L. Destouches a généralisé les conditions qui permettent de juger de la stabilité (ou de l'instabilité) des propositions mathématiques.

L'existence de voisinages dans l'ensemble des X_0 (ou des X en vertu de A) fait de cet ensemble un espace abstrait $(\mathfrak{X})$. X doit être stable dans cet espace par rapport à X_0. En outre le paramètre t étant l'un des éléments de toute observation, $\mathfrak{U}$ doit être une fonction continue de t.

M. J.-L. Destouches parvient ainsi, en supposant en outre que $\mathfrak{U}$ est différentiable par rapport à t, au type suivant d'équations

$$(b) \qquad \frac{dX}{dt} = \mathcal{H}X, \qquad \frac{d\mathfrak{U}}{dt} = \mathcal{H}\mathfrak{U}$$

$\mathcal{H}$ est un nouvel opérateur dont le domaine opérable comprend l'ensemble des X.

On retrouve ainsi condensées en (b), l'équation de Jacobi de la mécanique classique, l'équation de Schrödinger de la mécanique ondulatoire et celle qui leur correspond dans la mécanique ponctuelle abstraite plus générale de l'espace $(\mathfrak{X})$.

Dans les mécaniques anciennes, la possibilité de prévoir avec certitude le mouvement à partir de X_0 correspond à ce que j'appellerai *légalité*.

En mécanique quantique, l'axiome des conditions initiales est tel que la connaissance soit de x, soit de p, soit d'une seule grandeur $F(x, p)$ suffit à définir un *mouvement* d'une particule. Ces différents mouvements ne peuvent avoir simultanément de sens expérimental. Cette circonstance est liée au caractère *incomplet* (au sens copernicien) de l'observation maximum.

En outre, hormis le cas des intégrales premières, $X(t)$ ne sera *presque jamais* une fonction propre de l'observable α dont X_0 est fonction propre. Le développement en série de X suivant les fonctions propres de α permettra seulement de prévoir les probabilités des différentes valeurs possibles de α. Nous dirons que pour l'observable α, à partir d'une mesure initiale de celle-ci, il y a seulement *semi-légalité*, ceci par opposition à la légalité qui règle l'évolution de l'état du système.

L'axiome quantique des conditions initiales comprend comme cas particulier l'axiome scholastique correspondant. Après une mesure *exacte* de la coordonnée x d'une particule, le point abstrait qui figure l'état de celle-ci obéit bien à une loi de type scholastique, mais il est facile de voir que cette analogie purement formelle ne s'étend pas aux observables liées à la particule. Au surplus, si l'on tient compte de l'incertitude σ_0 qui affecte néces-

sairement la mesure de x à l'instant initial, il faut pour achever de déterminer l'état initial, mesurer p à h/σ_0 près, ce qui écarte immédiatement du cas scholastique.

Il est d'autre part bien connu que la légalité copernicienne ne peut se retrouver que macroscopiquement, par voie de compensation statistique, sur un ensemble d'individus x et p dont les incertitudes sont conjuguées par la relation d'Heisenberg.

Ainsi la mécanique quantique est-elle caractérisée en général par l'existence d'une semi-légalité des observables, à partir de conditions initiales s'écartant essentiellement de celles de la mécanique ordinaire.

A ce sujet rappelons que, si l'axiome copernicien des conditions initiales doit être considéré comme dicté par l'expérience macroscopique, il n'est nullement de nécessité logique. Painlevé a en effet montré l'indépendance de cet axiome et du *principe de causalité*, lequel n'exprime au fond que l'impossibilité pour le temps et l'espace d'être des causes efficientes. Aucune objection théorique ne peut donc être faite à l'abandon de cet axiome dans le domaine microscopique.

La mécanique quantique conserve les caractères de stabilité et de relativité de la mécanique ordinaire; le premier doit s'entendre de la stabilité d'une distribution de probabilités, dans tous les cas de semi-légalité.

CHALEUR. — *Les dimensions théoriques des tourbillons cellulaires de Bénard.* Note de M. **Pierre Vernotte**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous avons ([1]) opposé au calcul théorique de la dimension de ces tourbillons, effectué pour la première fois par Lord Rayleigh, des objections de principe qui ne semblent guère susceptibles d'être levées. On ne pourrait donc voir, dans l'accord du calcul et de l'expérience, qu'un hasard heureux, ou, plus justement, une nouvelle confirmation de ce résultat banal que deux théories différentes, et même opposées, peuvent conduire aux mêmes équations. Cet accord devient remarquable dans le cas des cellules hexagonales, si l'on compare la largeur théorique des hexagones avec la valeur minimum observée. Mais rien, dans le calcul de Lord Rayleigh, qui n'est d'ailleurs développé que dans un cas-limite, ne fait jouer un rôle spécial à ce minimum. Le fait brutal, c'est que la largeur des tourbillons d'un type donné, observée expérimentalement, est assez variable, et cela rend beau-

---

([1]) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1764.

coup moins saisissant l'accord d'ailleurs indéniable, de l'expérience et du calcul.

Dans ladite Note, nous avions proposé une procédure théorique toute différente. Nous voudrions ici, en rectifiant une erreur matérielle et apportant, par suite, à certaines conclusions, des modifications de détail, préciser la véritable position de la question, et attirer tout spécialement l'attention sur l'impossibilité d'étudier les tourbillons au moyen des équations de l'hydrodynamique réduites aux termes linéaires, et appliquées à un domaine de frontières fixes.

Nous avons montré, en étudiant les mouvements possibles (à deux dimensions) d'un fluide disposé dans une cuvette plate de profondeur h, dont le fond est pris pour plan des xy, que les *solutions simples* ue^{nt}, we^{nt}, relatives aux vitesses horizontale et verticale, étaient données par

$$u = \gamma \cos\alpha x[\alpha A \cos\gamma z - \gamma A' \sin\gamma z - \alpha A \operatorname{ch}\alpha z - \alpha A' \operatorname{sh}\alpha z], \tag{1}$$

$$w = \alpha \sin\alpha x[\gamma A' \cos\gamma z + \alpha A \sin\gamma z - \gamma A' \operatorname{ch}\alpha z - \gamma A \operatorname{sh}\alpha z]. \tag{2}$$

Il faut exprimer encore qu'à la surface libre, la force normale est nulle ($\partial w/\partial z = 0$), ainsi que la force tangentielle ($\partial u/\partial z + \partial w/\partial x = 0$), et que la pression est constante ($\partial p/\partial x = 0$), ce qui donne les trois conditions

$$(\alpha \operatorname{sh}\alpha h + \gamma \sin\gamma h)A' = \alpha(\cos\gamma h - \operatorname{ch}\alpha h)A, \tag{3}$$

$$\gamma[(\alpha^2 - \gamma^2)\cos\gamma h - 2\alpha^2 \operatorname{ch}\alpha h]A' = \alpha[(\gamma^2 - \alpha^2)\sin\gamma h + 2\alpha\gamma \operatorname{sh}\alpha h]A, \tag{4}$$

$$A' \operatorname{sh}\alpha h + A \operatorname{ch}\alpha h = 0. \tag{5}$$

A partir de (3) et (4), et de (3) et (5), on obtient pour définir α et γ

$$\alpha(3\gamma^2 - \alpha^2)\operatorname{sh}\alpha h \sin\gamma h + \gamma(3\alpha^2 - \gamma^2)\operatorname{ch}\alpha h \cos\gamma h - \gamma(3\alpha^2 - \gamma^2) = 0, \tag{6}$$

$$\alpha \operatorname{th}\alpha h + \gamma \operatorname{tang}\gamma h = 0. \tag{7}$$

[L'équation (6) ne se dédouble pas, comme nous l'avons écrit par erreur].

On définit ainsi les *petits* mouvements existant dans le fluide entièrement homogène, et s'y amortissant : il ne s'agit pas encore de tourbillons entretenus.

Une difficulté apparaît déjà. En exprimant, à la surface, la nullité de la force normale ($\partial w/\partial z = 0$), nous exprimons que la vitesse verticale est maximum, et, en même temps, à cause de la relation d'incompressibilité ($\partial u/\partial x + \partial w/\partial z = 0$), que $\partial u/\partial x$ est nul quel que soit x, c'est-à-dire que la vitesse horizontale est nulle. La conservation du fluide est bien exprimée à l'intérieur d'un élément de volume, mais elle ne l'est plus à la surface, où il faudrait pouvoir écrire que le fluide ne sort pas de son domaine. De ces

remarques on peut rapprocher cette constatation déjà faite par M. Marcel Brillouin dans ses *Leçons sur la viscosité*, qu'on oublie généralement d'écrire les équations de la viscosité, à la surface libre. En fait le paradoxe se résout en ceci que la surface libre ne reste pas immobile; mais cela prouve qu'on ne pourrait réellement traiter le problème, qu'en tenant compte de la déformation de la surface libre. Or de tels problèmes sont en général inabordables.

Dans une théorie des tourbillons entretenus, nous ne conserverons donc, des équations de l'hydrodynamique, que ce qui ne pourrait pas n'en pas être conservé, posant que les autres équations ne sont pas vérifiées, et essayant d'y suppléer par des considérations physiques sur les conditions mêmes d'un entretien.

Nous maintenons l'équation (4) exprimant la nullité de la force tangentielle à la surface libre. Nous renonçons aux équations (3) et (5) à cause de la difficulté signalée ci-dessus, et parce que nous n'aurions plus le droit de négliger la capillarité. Un certain arbitraire subsiste relativement aux conditions que l'on voudra alors exprimer. Il nous semble aujourd'hui que le plus judicieux est de poser que les amplitudes A et A' doivent être indéterminées (des équations linéaires ne devant pas permettre de déterminer des amplitudes entretenues), ce que nous faisons en annulant séparément les deux membres de l'équation (4). On est conduit ainsi aux équations

$$(\gamma^2 - \alpha^2)\sin\gamma h = -2\gamma\alpha\,\mathrm{sh}\,\alpha h, \tag{8}$$

$$\alpha\,\mathrm{tang}\,\gamma h = \gamma\,\mathrm{th}\,\alpha h. \tag{9}$$

Les premières solutions sont

$$(\alpha h)_1 = 1,228, \quad (\alpha h)_2 = 1,787, \quad (\alpha h)_3 = 2,091, \quad \ldots$$
$$(\gamma h)_1 = 4,39, \quad (\gamma h)_2 = 10,822, \quad (\gamma h)_3 = 17,148,$$

Les racines γh d'ordre n plus élevé tendent vers $(4n-1)\pi : 2$. Quant aux racines αh, elles ont cette propriété remarquable d'être assez voisines entre elles, et de ne croître que très lentement avec leur numéro d'ordre.

Pour n'avoir pas de brouillage, il faut supposer qu'on n'entretient à la fois qu'un seul type de tourbillons, qui doit, d'autre part, correspondre à un ordre n un peu élevé, l'intensité tourbillonnaire et la puissance dissipée étant d'autant plus grandes, pour une amplitude donnée, que n est plus grand. Mais on ne peut choisir *a priori* la valeur de n, ce qui explique ce fait d'observation qu'*un assez grand nombre de valeurs voisines sont possibles pour la largeur des tourbillons*.

On trouve que *toutes* les valeurs observées, pour le rapport de la largeur des *bandes* tourbillonnaires à la profondeur de la cuvette, et qui sont comprises entre 2,29 et 1,95, correspondent, *au centième près*, aux racines *successives* $(\alpha h)_n$, dont les rangs sont compris entre 7 et 13. Dans le cas des cellules *carrées*, dont la théorie est analogue, les *quatre* valeurs observées correspondent, avec la même approximation, aux *quatre* racines de rangs 5, 9, 10, 12.

ÉLECTRICITÉ. — *Influence des gaz de l'atmosphère sur la conductibilité électrique de l'oxyde cuivreux.* Note [1] de M. **Léon Dubar**, présentée par M. Paul Janet.

Nous avons vu [2] que, sous l'effet d'un chauffage de quelques heures dans le vide, même à des températures inférieures à 200° C., l'oxyde cuivreux perdait la conductivité superficielle qu'il avait acquise au cours de diverses manipulations ou même au simple contact de l'air atmosphérique.

Nous nous sommes proposé d'étudier l'influence sur cette conductivité de divers gaz ou vapeurs, entre autres : l'oxygène sec, l'azote débarrassé de vapeur d'eau et d'oxygène et enfin la vapeur d'eau.

Les mesures ont été faites sur des échantillons linéaires en formes de lames d'une épaisseur d'environ 1^{mm}. On a mesuré la conductance globale de ces échantillons, sans faire de discrimination entre sa partie superficielle et sa partie interne. D'ailleurs les phénomènes d'adsorption, cause des variations de conductance observées, ont été de toute évidence superficiels en raison de l'absence de porosité de l'oxyde cristallisé, et de la courte durée des expériences.

Nous ne décrirons pas l'appareillage qui a servi à ces recherches et indiquerons simplement qu'il permet de chauffer l'échantillon dans un très bon vide, puis de le mettre en contact successivement ou simultanément avec des gaz et vapeurs diverses. Un piège à air liquide élimine complètement la vapeur d'eau et dessèche l'oxygène et l'azote. On débarrasse l'azote de l'oxygène que ce gaz peut contenir en le laissant en contact pendant 24 heures avec un bâton de phosphore blanc. La vapeur de phosphore ne

(1) Séance du 29 juin 1936.

(2) L. Dubar, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1330.

présente ici aucun inconvénient en raison du piège à air liquide qui la condense.

Voici l'ordre des expériences et les résultats obtenus :

1° Dégazage suivi de contact avec la vapeur d'eau ou l'azote : aucune variation appréciable de conductance.

2° Dégazage suivi de contact avec l'oxygène : croissance régulière et de grande amplitude de la conductance. Dans une expérience, celle-ci était plus que doublée au bout d'une heure.

3° Après contact prolongé avec l'oxygène, on fait le vide dans l'enceinte contenant l'échantillon, puis on isole cette enceinte de la pompe, par fermeture d'un robinet. La conductance qui a décru légèrement au cours du vide se stabilise à une valeur constante.

4° Si alors, on introduit dans l'enceinte de l'azote sec, on observe une diminution légère de la conductance et cette diminution s'arrête assez rapidement. L'azote aurait sur la conductance une influence légèrement antagoniste de celle de l'oxygène.

4° Par contre la vapeur d'eau introduite dans les mêmes conditions manifeste, même à une pression d'une fraction de millimètre de mercure, une action extrêmement énergique. La conductance, augmentée préalablement par l'oxygène, décroît brutalement sous l'effet de la vapeur d'eau et la diminution se poursuit jusqu'à annulation complète du supplément de conductance. Celle-ci revient à la valeur qu'elle possédait immédiatement après le dégazage.

Cette annulation complète n'a lieu que si le contact de l'échantillon avec l'oxygène a été de courte durée, quelques heures au plus. Pour un contact de longue durée, il semble que l'oxygène diffuse plus ou moins en profondeur et la vapeur d'eau ne supprime plus totalement la conductance supplémentaire acquise.

Plusieurs auteurs ont observé précédemment une action des gaz sur la conductibilité électrique de l'oxydule de cuivre, mais faute d'avoir entrevu l'effet énergique et très particulier de la vapeur d'eau, ils ont interprété plus ou moins correctement leurs résultats. Nous citerons en particulier O. von Auwers [1] qui a signalé le premier l'augmentation de la conductance sous l'action de l'oxygène.

Toutes nos expériences ont été faites à la température du laboratoire, soit environ 20° C.

---

[1] *Naturwiss.*, 6, 1931, p. 133.

En résumé, si nous nous en tenons aux deux gaz qui agissent le plus fortement, la vapeur d'eau annule ou tend à annuler l'action préalable de l'oxygène, mais il est possible aussi que la vapeur d'eau seule diminue la conductivité de la couche superficielle de l'oxyde. Cette diminution est inobservable lorsque la conductivité initiale de ladite couche superficielle est elle-même inobservable, comme c'est le cas après un dégazage soigné.

L'analogie avec l'action de la vapeur d'eau (en l'absence d'oxygène) sur la conductivité des couches métalliques minces rend vraisemblable cette deuxième hypothèse.

RADIOÉLECTRICITÉ. — *Sur les combinaisons anormales de fréquences des lampes de conversion.* Note de MM. **M. Lambrey** et **S. Krauthamer**, présentée par M. Charles Fabry.

La plupart des réglages anormaux et des sifflements des récepteurs superhétérodynes s'expliquent par l'existence, dans le circuit plaque des lampes de conversion, de courants dont les fréquences sont des combinaisons additives ou soustractives entre les harmoniques de la haute fréquence N_1 à recevoir et de la fréquence N_0 de l'oscillatrice locale.

L'origine de ces combinaisons anormales de fréquence est en général attribuée au fait que les expressions de la tension d'hétérodyne locale u_0 et de la tension haute fréquence à recevoir u_1, qui a subi une première modification, contiennent elles-mêmes des termes de fréquence $2N_0$, $3N_0$, ..., $2N_1$, $3N_1$, ...

Une autre origine possible, sur laquelle on a tort de ne pas insister, est la structure même des caractéristiques statiques de la lampe de conversion. Si u et u' désignent les tensions respectives de grille oscillatrice et de grille de commande l'expression du courant plaque du tube comprend, en dehors du terme essentiel $2buu'$, des termes tels que $3cu^2u'$, $3cuu'^2$, ..., produits d'une puissance quelconque de u par une puissance quelconque de u'. De ces termes résultent des composantes de courant plaque, de fréquences $2N_0 \pm N_1$, $2N_1 \pm N_0$, ...

Nous avons considéré comme digne d'intérêt de rechercher jusqu'à quel point on peut attribuer aux combinaisons anormales de fréquence l'une ou l'autre origine. La réponse est que, *pour les tubes de conversion actuels, ces combinaisons résultent essentiellement de la structure des caractéristiques des lampes.*

Voici, à titre d'exemple, quelques-unes de nos observations à ce sujet. Elles concernent une lampe heptode (2A7) de marque américaine, mais nous avons fait des remarques analogues sur de nombreuses heptodes ou octodes de type différent.

1° La lampe oscille sur la fréquence N_0. L'amplitude de la tension grille oscillatrice est environ 10 volts. On ne peut déceler dans le circuit oscillant, placé en bouchon sur la grille oscillatrice, aucun courant de fréquence $2N_0$, ce qui n'est pas pour surprendre. La tension, de fréquence $2N_0$, appliquée à la grille oscillatrice est inférieure à 1/200 de la tension de fréquence N_0 appliquée à la même électrode.

2° Même recherche sur la plaque oscillatrice (dont le circuit comporte la self de réaction de l'hétérodyne locale). On trouve, comme tensions appliquées à cette électrode, pour la fréquence N_0 : 0,90 volt, et pour la fréquence $2N_0$: 0,98 volt.

Ces deux tensions sont du même ordre, mais il convient de noter que la tension instantanée de plaque oscillatrice est pratiquement sans influence sur le courant plaque de sortie. Voici en effet quel est ce courant I pour diverses valeurs des tensions de grille oscillatrice U, de grille de commande U' et de plaque oscillatrice V (microampères, volts).

U..............	—2	—2	—2
U'..............	—8	—10	—8
V..............	204	204	190
I...............	3400	2400	3350

L'influence de la tension grille oscillatrice sur le courant plaque de sortie est donc plus de cent fois plus grande que celle de la tension plaque oscillatrice sur le même courant. On peut donc complètement négliger la tension harmonique existant sur la plaque oscillatrice.

3° On recherche maintenant les harmoniques de la fréquence N_0 dans le circuit *plaque de sortie*. On trouve un courant de fréquence $2N_0$ neuf fois plus faible que le courant de fréquence N_0.

On ne constate (à un centième près) *aucune variation du rapport des amplitudes des deux courants soit que la lampe oscille soit qu'on applique à la grille oscillatrice une tension parfaitement sinusoïdale* empruntée à un générateur séparé, la self de réaction du circuit plaque oscillatrice étant court-circuitée.

4° Enfin, il se trouve que la lampe étudiée présente des caractéristiques représentables *sur toute l'étendue désirable* par une formule relativement simple permettant le calcul des harmoniques présents dans le circuit *plaque de sortie* lorsque des tensions parfaitement sinusoïdales sont appliquées soit à la grille oscillatrice soit à la grille de commande. Les résultats du calcul concordent parfaitement avec ceux de l'expérience.

RADIOÉLECTRICITÉ. — *Sur les propriétés en très haute fréquence des triodes à plaque de grand diamètre.* Note [1] de M. **Émile Pierret**, présentée par M. Paul Janet.

L'étude de la constante diélectrique des liquides à l'aide d'ondes ultra-courtes entretenues ($\lambda < 50^{cm}$) nécessite l'utilisation de triodes spéciales ou de magnétrons. Les triodes actuellement en usage ne permettent pas de faire varier la fréquence d'une façon continue; en particulier les montages que nous avons décrits [2] donnent une fréquence à peu près stable. Les magnétrons ne peuvent fonctionner que dans un domaine de fréquences assez restreint.

Or il est un problème intéressant qui consiste à vérifier si certaines bandes d'absorption signalées par de nombreux auteurs utilisant des ondes amorties existent encore lorsqu'on emploie des ondes entretenues.

Ce problème ne peut être résolu que s'il est possible de faire varier d'une façon continue la fréquence dans un certain domaine, tout en gardant aux oscillations une amplitude suffisante pour faire de bonnes mesures.

Une étude théorique du fonctionnement des triodes à électrodes cylindriques et à grille chargée montre que ce résultat peut être obtenu en augmentant le diamètre de la plaque.

D'une part la formule de A. Scheibe [3], permettant de calculer la longueur d'onde des oscillations de Barkhausen, en fonction des tensions et des dimensions des électrodes, possède un terme où intervient le rayon de la

---

(1) Séance du 29 juin 1936.

(2) E. Pierret, *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 1384 et 1601; 187, 1928, p. 1132.

(3) *Annalen der Physik*, 73, 1924, p. 70.

plaque. Ce terme est une fonction $g(x)$, de la forme

$$g(x) = x\,e^{x^2}\int_0^x e^{-u^2}\,du, \qquad \text{où } x = \sqrt{\frac{V_g}{V_g - V_p}\,\mathrm{Log}\,\frac{r_p}{r_g}};$$

V_g, tension de grille; V_p, tension de plaque; r_g, rayon de grille; r_p, rayon de plaque.

Cette fonction croît très rapidement et devient prépondérante dans la formule dès que $x > 1$.

$$[x = 1,\ g(x) = 2{,}03;\ x = 1{,}2,\ g(x) = 4{,}088;\ x = 1{,}5,\ g(x) = 12{,}190.]$$

Une variation de V_p sera donc d'autant plus efficace sur la longueur d'onde que la fonction $g(x)$ aura une valeur plus élevée, ce qui conduit à augmenter le rapport r_p/r_g.

D'autre part on sait que les électrons qui traversent la grille et sont soumis dans l'espace grille-plaque à un champ retardateur suivent des trajectoires dont la forme dépend de la structure du champ électrique au voisinage des fils de grille. Si la plaque est assez éloignée de la grille et si elle est portée à un potentiel négatif suffisant par rapport au filament, les électrons ne peuvent l'atteindre et leurs points de rebroussement se trouvent dans un volume compris entre deux surfaces cylindriques ayant même axe que la plaque.

Si des oscillations se produisent, les potentiels des électrodes subissent des variations périodiques, d'où une accélération variable des électrons entraînant des fluctuations périodiques de la densité des charges d'espace et un déplacement des surfaces limitant le volume où se trouvent les points de rebroussement des électrons. Au cours de ce déplacement, la surface-limite extérieure peut atteindre la plaque; des électrons sont alors captés par cette dernière, d'où l'apparition d'un courant de plaque permettant de déceler les oscillations et favorisant les réglages. Dans ce cas, le déplacement des surfaces de rebroussement est donc limité par la présence de la plaque; le domaine dans lequel on peut faire varier la tension de plaque est assez étroit; les trajets électroniques varient peu et la fréquence reste à peu près constante.

Au contraire, si l'on donne à la plaque un grand diamètre et une tension négative convenable, les surfaces de rebroussement seront assez éloignées de la plaque et ne l'atteindront jamais, même quand les oscillations auront leur amplitude maximum; le courant de plaque sera nul, mais, les surfaces-limites pouvant se déplacer librement, il doit en résulter la possibilité de

faire varier la tension de plaque dans un domaine plus grand et par suite de modifier sensiblement les trajets électroniques, donc la longueur d'onde, même dans les domaines d'oscillation d'ordre supérieur ([1]).

L'expérience a confirmé ces prévisions.

Nous avons étudié une série de triodes dont le rapport r_p/r_g était voisin de 5, alors que dans la plupart des lampes utilisées jusqu'ici, ce rapport était compris entre 1,8 et 2,8.

Nous avons pu obtenir, en combinant convenablement les tensions de grille et de plaque une série de domaines d'oscillations ($\lambda = 12^{cm}$ à $\lambda = 110^{cm}$).

Ainsi, avec une tension de grille de 120 volts et une tension de plaque variable (— 160 volts à — 98 volts), la longueur d'onde a crû, *d'une façon continue*, de $\lambda = 14^{cm},7$ à $\lambda = 17^{cm}$. En réduisant le diamètre de la plaque, la variation de λ dans le même domaine n'est plus que de quelques millimètres.

Ce procédé a cependant un grave inconvénient : l'intensité moyenne du courant de plaque étant nulle (aucune déviation visible d'un galvanomètre sensible à 10^{-8} ampère), les oscillations sont très difficiles à déceler, surtout celles dont la longueur d'onde est comprise entre 12^{cm} et 20^{cm}, car elles n'apparaissent que pour des positions très précises du disque réflecteur placé sur la tige de grille; de plus, les courbes de résonance, relevées sur les fils de Lecher servant à mesurer la longueur d'onde, *sont très étroites*; cette propriété est intéressante dans les mesures de constantes diélectriques.

En résumé, les triodes à plaque de grand diamètre permettent d'obtenir des oscillations de très courte longueur d'onde dont la fréquence est variable entre certaines limites en fonction de la tension de plaque. Leur emploi paraît particulièrement indiqué dans les mesures de constantes diélectriques.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Pertes diélectriques en champ alternatif de haute fréquence et dimensions moléculaires.* Note de M. **J. Henrion**, présentée par M. Jean Perrin.

Au cours de recherches sur la détermination du temps de relaxation de molécules polaires en solution dans un solvant non polaire, il nous a paru

([1]) E. Pierret, *Bulletin Soc. fr. de Phys.*, 354, 1934, p. 78.

intéressant d'appliquer les premiers résultats à la détermination des dimensions des molécules polaires.

Déjà en 1934, P. Debye ([1]) avait signalé que l'étude des pertes diélectriques en champ alternatif de haute fréquence pourrait donner des indications sur les dimensions des molécules polaires.

Les premières recherches faites par Martin ([2]) ont montré que l'ordre de grandeur des molécules en solution pouvait être déterminé en calculant le temps de relaxation de ces molécules à partir des pertes diélectriques haute fréquence et en appliquant la formule :

$$\tau = \frac{4\pi\eta a^3}{k.T}, \tag{1}$$

dans laquelle : τ, est le temps de relaxation en seconde; k, la constante de Boltzmann; T, la température absolue; η, la viscosité du milieu; a, le rayon de la molécule supposée sphérique.

Nos mesures du temps de relaxation ont été effectuées par la méthode de J. Malsch ([3]) qui consiste en une détermination de l'absorption (perte haute fréquence) par la mesure directe de la chaleur dégagée dans la cellule de mesure. Nous avons employé une longueur d'onde de 7^m.

Nous devons signaler les deux résultats suivants :

La proportionnalité entre τ et le rapport η/τ indiquée par la formule (1) à déjà été vérifiée par P. Girard et P. Abadie ([4]) par une autre méthode (dispersion de ε) mais pour des liquides purs en faisant varier la température, dans des limites assez larges; nous l'avons confirmée par la mesure directe des pertes de haute fréquence à deux températures, pour des molécules polaires en solution très diluée dans des solvants non polaires.

Ce résultat montre que, pour des molécules relativement simples, les viscosités microscopique (c'est-à-dire celle qui intervient réellement dans le mouvement d'une molécule dans un solvant) et macroscopique varient de la même manière avec la température.

Le second résultat important à signaler est le fait que pour des molécules non sphériques, il est possible de retrouver le τ mesuré expérimentalement en remplaçant dans la formule (1) a^3 par le produit de trois rayons mesurés suivant trois axes orthogonaux entre eux, passant par le centre de gra-

([1]) *Phys. Zeit.*, 35, 1934, p. 101.
([2]) P. Debye, *Phys. Zeit.*, 35, 1934, p. 101.
([3]) *Phys. Zeit.*, 33, 1932, p. 19; *Ann. d. Phys.*, 12, p. 1932, 865.
([4]) *Journ. Phys. et Radium*, 6e série, 7, 1935, p. 295.

vité de la molécule et dont l'un est orienté dans la direction du moment électrique; ou, ce qui revient au même, la moyenne géométrique de ces trois derniers rayons fournit un rayon moyen qui concorde bien avec la valeur de a que l'on peut calculer à partir de (1).

Le tableau suivant donne quelques valeurs de ces rayons moléculaires moyens; les modèles stéréochimiques des molécules ont été réalisés en utilisant les rayons atomiques donnés par Pauling (¹).

	C (aromatique).	N (de NO^2).	Cl.	O (de NO^2).	H.
Angstroms.......	0,7	0,6	1,0	0,55	0,3

	a exp.	a moyen calc.
Orthodichlorbenzène	1,99	1,93
Monochlorbenzène	1,86	1,63
Nitrobenzène	1,55	1,66
Métadichlorbenzène	1,93	1,89
Orthochlornitrobenzène	1,88	2,02
Chloropicrine	1,71	1,77

Dans le cas du nitrobenzène, le groupe NO^2 est supposé dans le plan du noyau benzène; le résultat obtenu est en excellent accord avec celui de Szymanowsky (²) qui donne a égal à 1,53 Å par une méthode de conductivité en haute fréquence.

Dans le cas de l'orthochlornitrobenzène, il paraît plus plausible, à cause de la répulsion mutuelle des O et du Cl, de supposer le groupe NO^2 placé perpendiculairement au plan de la molécule.

En présence de ces résultats, on peut prévoir de nombreuses applications de cette méthode, au point de vue de la détermination des dimensions moléculaires moyennes.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur un procédé électrochimique nouveau de préparation des protéines à l'état isoélectrique.* Note de M. **J. Swyngedauw**, présentée par M. Jean Perrin.

Nous avons montré (³) que, dans l'électrolyse d'un gel de gélatine entre électrodes de platine, la dépression anodique (zone de dégonflement qui se

(¹) L. Pauling et M. Huggins, *Physic. Rev.*, 28, 1926, p. 1086; *Proc. Nat. Acad.*, 18, 1932, p. 293.

(²) *Journ. Chem. Phys.*, 1, 1933, p. 809.

(³) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 2078; 199, 1934, p. 193; 201, 1935, p. 821.

développe au voisinage de l'anode) possède un pH d'environ 4,7, qui représente justement la valeur du point isoélectrique de la gélatine. L'introduction au cours de l'électrolyse d'un colorant convenable (bromocrésol vert) met en évidence que le pH de la dépression anodique garde rigoureusement cette même valeur de 4,7 *dans toute son étendue*, aussi bien immédiatement au delà du bourrelet acide (dont le pH est compris entre 1 et 2) qu'au voisinage de la ligne de propagation qui la sépare du reste du gel primitif (dont le pH présente la valeur initiale comprise entre 5 et 10).

Lorsqu'on électrolyse un gel de pH plus acide que le point isoélectrique, la dépression se forme à partir de la cathode et ici encore la coloration au bromocrésol vert montre que son pH est absolument uniforme dans toute son étendue, et que sa valeur est identiquement la même que dans le premier cas, soit 4,7, valeur du point isoélectrique.

La méthode se prête au traitement de grandes quantités de gélatine qu'il suffit d'électrolyser entre deux fils de platine parallèles sous une épaisseur de gel de 2 à 3^{cm}. Suivant la tension d'électrolyse, suivant le pH initial et l'état de pureté de la gélatine, la zone isoélectrique se développe plus ou moins rapidement et finit par occuper la presque totalité du gel, à l'exclusion naturellement, de la zone immédiatement voisine des électrodes, dont le pH est très acide au voisinage de l'anode et très alcalin au voisinage de la cathode. En raison de la très haute résistivité de la zone isoélectrique, on est amené à réduire le courant à une valeur qui n'excède guère 1 milliampère par centimètre carré; pour des courants plus élevés, la chaleur dégagée ferait fondre la préparation.

Ce mode d'obtention de la gélatine à l'état isoélectrique a pu être étendu à d'autres protéines qui ne forment pas de gel, dans les conditions ordinaires, mais dont on fait une pâte très épaisse par pulvérisation au mortier et incorporation d'une petite quantité d'eau distillée.

L'électrolyse détermine ordinairement, soit au voisinage de l'anode, soit au voisinage de la cathode, la formation d'une zone dont le pH est celui du point isoélectrique. Or cette zone possède une résistivité très élevée et, même en atmosphère saturée d'humidité, elle se dessèche rapidement en partie, à cause de l'élévation de sa température (par effet joule); ainsi, le courant se trouve pratiquement interrompu et l'opération ne progresse plus.

Nous avons obtenu un rendement satisfaisant en produit isoélectrique, en opérant de la manière suivante :

La pâte est disposée de façon que le courant la traverse sous très forte section sur une longueur de 1^{cm} à 2^{cm} au maximum.

On interpose entre les électrodes de platine et la pâte un intermédiaire de gélatine destiné à absorber tous les produits d'électrolyse.

Enfin le tout est recouvert d'huile de paraffine qui empêche toute évaporation. L'élimination de l'huile s'effectue sans difficulté après l'opération.

Pratiquement, l'électrolyse se fait dans une cuve rectangulaire où l'on coule de la gélatine très concentrée sur 1 à 2cm d'épaisseur. On creuse deux rigoles étroites le long de deux côtés opposés du rectangle; on y introduit de l'eau distillée et on y dispose les fils de platines qui constituent les électrodes. On extrait la gélatine au milieu de la cuve suivant une rigole de 1 à 2cm de largeur, disposée parallèlement aux deux premières et dans laquelle on coule la pâte de matière protéique à électrolyser; on noie le tout sous l'huile de parafine. Le courant est appliqué à la préparation sous une intensité de 1 ou 2 milliampères par centimètre carré au début, puis de 0,5 à 0,8 dans la suite, lorsque la zone isoélectrique a commencé à se former dans la gélatine.

Au bout de plusieurs jours d'électrolyse, la pâte a pris une résistivité extrêmement élevée (souvent 4 à 500 fois celle qu'elle possédait initialement).

Des mesures de pH ont été effectuées soit directement sur la pâte par la méthode colorimétrique, soit sur des solutions aqueuses concentrées de produits électrolysés au moyen de l'électrode à hydrogène.

Voici les résultats que nous avons obtenus pour l'ovalbumine qui se prête particulièrement bien à l'expérimentation, et pour la caséine :

	Avant l'électrolyse.		Après l'élecrolyse.	
Ovalbumine.	pH.	Résistivité.	pH.	Résistivité.
1° Préparée à l'eau distillée....	5,5	$8,9.10^2$	4,77	$4,07.10^5$
2° Avec une solution de HCl...	3,5	$3,1.10^2$	4,78	$2,05.10^5$
3° Avec une solution de NaOH.	8,2	$2,3.10^2$	4,77	$2,1 .10^5$

	Avant l'électrolyse.	Après l'électrolyse.	
Caséine préparée.	pH.	pH.	Résistivité.
1° Avec solution de HCl........	3,8	4,77	3.10^5
2° Avec solution de NaOH......	7,5	4,79	$3,2.10^5$

Un essai pratiqué sur la sérumalbumine totale a donné la valeur 4,7 dans la zone de haute résistivité (mesure colorimétrique).

Les essais tentés jusqu'à présent avec l'hémoglobine ont été vains. Il se

forme une zone de haute résistivité, mais son pH, à peu près uniforme, est d'environ 3,40, alors que le point isoélectrique est voisin de 6,8.

Hormis cette exception, dont nous nous proposons d'élucider le mécanisme, la méthode semble assez générale; elle nous paraît présenter des avantages importants sur celles qu'on emploie ordinairement, pour rendre isoélectrique une matière protéique; ces préparations supposent en effet :

1° une détermination préalable, souvent imparfaite, du point isoélectrique;

2° le pH isoélectrique étant supposé connu, on amène la protéine à cette valeur par addition soit d'acide, soit de base.

Au contraire, le procédé électrochimique que nous proposons aboutit simplement, *et de façon quasiautomatique*, à la protéine isoélectrique, et ceci par *soustraction* d'ions au milieu primitif comme dans l'électrodialyse; le produit après traitement présente une résistivité toujours supérieure à 2.10^5, 100 ou 500 fois plus grande que celle du produit initial.

IONISATION DES GAZ. — *Sur les périodes propres des vibrations des gaz ionisés dans le champ magnétique.* Note (1) de M. **Théodore V. Ionescu**, présentée par M. A. Cotton.

H. Gutton (1), puis L. Tonks et I. Langmuir (2) ont démontré expérimentalement que les gaz ionisés ont une période propre de vibration, que J. J. Thomson (3) et Tonks et Langmuir ont calculée.

Nous nous proposons de chercher les périodes propres des gaz ionisés placés dans un champ magnétique. Nous considérerons deux cas :

a. La densité des ions Np *est égale à celle des électrons* Ne. — Ce cas est réalisé souvent, par exemple dans l'excitation à haute fréquence avec des électrodes extérieures, dans l'ionosphère, etc.

Un tube à gaz ionisé se trouve dans un champ magnétique parallèle à l'axe du tube. Nous supposerons solidifié le cylindre formé par les ions positifs (cylindre positif) aussi bien que celui formé par les électrons cylindre négatif).

---

(1) Séance du 29 juin 1936.

(1) *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 676, et 184, 1929, p. 156 et 385.

(2) *Phys. Rev.*, 33, 1929, p. 195.

(3) J. J. Thomson, *Phil. Mag.*, 6, 1928, p. 1254.

Si nous déplaçons le cylindre négatif de sa position d'équilibre il y reviendra en effectuant des oscillations. En effet un champ électrique $h = -2\pi Nex$, proportionnel et parallèle au déplacement x, prend naissance à l'intérieur du gaz ionisé. La période propre du gaz est donnée par

$$m\frac{d^2x}{dt^2} + 2\pi Ne^2x = 0, \tag{1}$$

d'où l'on tire

$$h = -2\pi Ne^2x_0 \sin\omega_0 t \qquad \text{et} \qquad \omega_0^2 = \frac{2\pi Ne^2}{m}.$$

On peut décomposer le champ h en deux champs égaux $h/2$ qui tournent en sens contraire avec la fréquence $\omega_0/2\pi = \nu_0$.

Ces deux champs peuvent être obtenus en faisant tourner deux cylindres négatifs, contenant $N/2$ électrons, en sens contraire, avec la même fréquence ν_0 et avec le rayon de giration $x_0 = r_0$.

Quelques considérations concernant la rotation des cylindres sont maintenant nécessaires. On peut supposer que les cylindres négatifs tournent à la façon d'un corps solide. Le mouvement de rotation sera décomposé en deux mouvements : une rotation de l'axe du cylindre négatif autour de l'axe du cylindre positif avec une fréquence ν_0 et une rotation du cylindre négatif autour de son propre axe avec la même fréquence ν_0.

Dans la première rotation considérée, chaque électron tourne autour de sa position d'équilibre avec la fréquence ν_0 et le rayon de giration r_0. Tout se passe comme si, pendant la rotation, des axes de coordonnées liés aux cylindres négatifs restaient parallèles aux axes liés au cylindre positif.

L'équation des forces sera écrite pour chaque électron séparément et on aura $2\pi Ne^2 r_0 - m\omega_0^2 r_0 = 0$ qui donne pour ω_0 la même valeur.

Le calcul montre que la force centrifuge provenant de la rotation du cylindre autour de son propre axe pousse les électrons à la surface du cylindre. La force centrifuge est par suite équilibrée par la force électrique engendrée par les ions positifs qui remplissent le cylindre.

On pourra écrire l'équation des forces en supposant que tous les électrons sont concentrés sur les axes des cylindres négatifs, et le résultat sera le même que pour la première rotation.

En l'absence du champ magnétique ces considérations représentent plutôt une complication, mais si l'on introduit le champ magnétique H on peut écrire l'équation des forces en considérant seulement la première rota-

tion, ou les deux rotations à la fois. On obtient toujours les mêmes fréquences propres $\omega_1/2\pi$ et $\omega_2/2\pi$.

Les deux cas peuvent se présenter réellement dans la nature.

Dans la suite nous considérerons le premier cas.

L'équation des forces sera

$$m\omega^2 r_0 - 2\pi \mathrm{N}e^2 r_0 \pm \mathrm{N}\omega \mathrm{H}e r_0 = 0, \tag{2}$$

d'où l'on tire, si l'on pose $\omega_{\mathrm{H}} = \mathrm{H}e/m$, les deux fréquences positives

$$\omega_1 \omega_2 = \frac{\pm \omega_{\mathrm{H}} + \sqrt{\omega_{\mathrm{H}}^2 + 4\,\omega_0^2}}{2}. \tag{3}$$

Les cylindres négatifs qui tournent avec ces deux fréquences transportent avec eux un champ électrique.

Le gaz ionisé, pour de grandes valeurs du champ magnétique, est le siège de champs à haute fréquence qui correspondent à des ondes électriques comprises entre 0,2 et 2 mètres si H varie entre 50 et 500 gauss.

L'expérience montre que, dans ce domaine, les gaz peuvent être facilement ionisés. Si $\omega_{\mathrm{H}}/2\pi$ se rapproche de la fréquence qui donne le maximum d'ionisation, cette ionisation augmente davantage; en même temps $\omega_2(3)$ croît et tend de plus en plus vers les grandes fréquences. C'est pour cela que le gaz passe d'une façon discontinue dans l'état de grand éclat [1].

b. Dans le gaz ionisé $\mathrm{Np} > \mathrm{Ne}$. — Nous poserons $\mathrm{Np} - \mathrm{Ne} = n$.

C'est le cas de la colonne positive de la décharge dans un tube de Geissler. Les électrons sont soumis à un champ égal à $-2\pi n e^2 r$ où r est la distance de l'axe à l'électron considéré.

La force qui agit sur un électron étant proportionnelle à la distance, on aura pour cet électron un mouvement de la forme

$$r = r_0 \sin \omega'_1 t, \qquad \text{où} \quad \omega'_0 = \frac{2\pi n e^2}{m}.$$

S'il existe un champ magnétique, l'équation des forces sera analogue à (2) et par conséquence elle donnera deux périodes; les deux valeurs ω'_1 et ω'_2 se calculent de la même manière.

Il existe pourtant une différence par rapport au cas précédent, en dehors du fait que $\omega'_0 \neq \omega_0$: ces vibrations existent même s'il n'y a pas de déplacement d'ensemble des électrons.

---

[1] THÉODORE V. IONESCU, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1842.

ÉLECTRICITÉ APPLIQUÉE. — *Montage à circuit de self-induction pour la détermination de la dérivée par rapport au temps d'une fonction représentée par un courant électrique.* Note [1] de M. **Jacques Stohr**, présentée par M. Charles Fabry.

Si l'on considère une lampe à trois électrodes comportant une self et une résistance dans le circuit plaque, l'équation du système électrique pour la région de la caractéristique assimilable à une droite peu s'écrire :

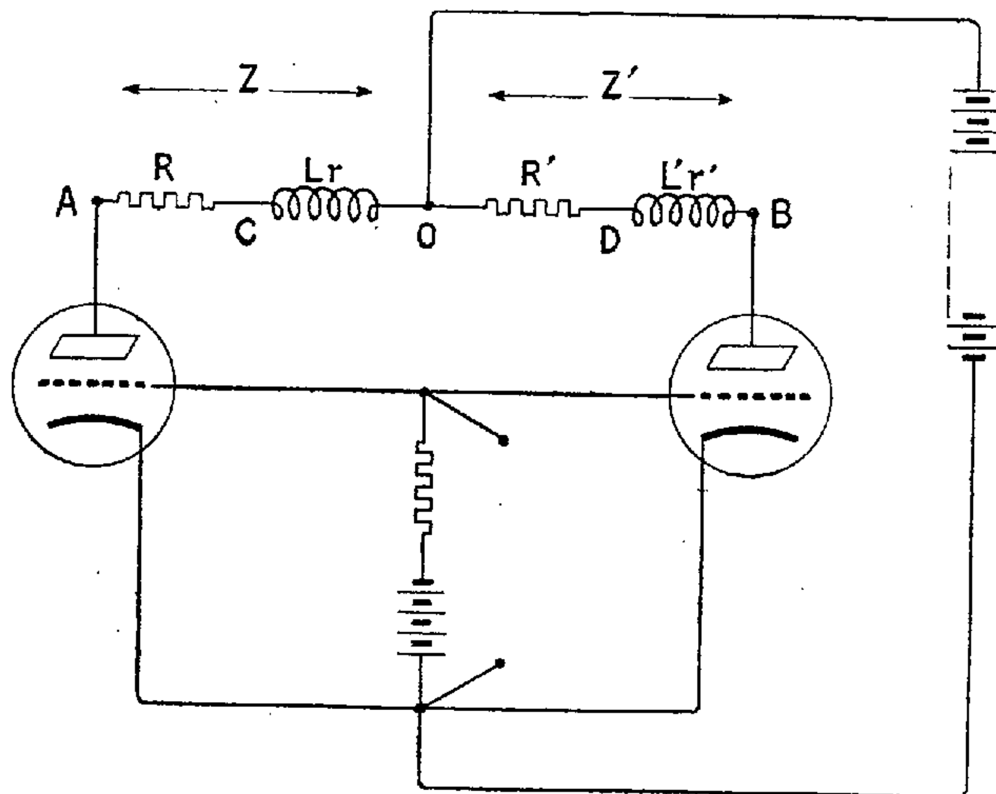
$$\rho i = V_0 + K_u - p; \tag{1}$$

ρ résistance interne de la lampe; i courant plaque; V_0 tension d'alimentation; K et p constantes; u tension appliquée à la grille de la lampe.

Si l'on ajoute une self sans résistance au circuit précédent, l'équation complétée, après élimination des constantes, prend la forme

$$0 - V = Ri - L\frac{di}{dt}, \tag{2}$$

L self-induction du circuit; V tension au bord de la plaque de la lampe; R résistance externe du circuit.



En se reportant à la figure, qui représente le montage de deux lampes identiques mises en opposition, on voit que les équations correspondantes

(1) Séance du 29 juin 1936.

sont, pour chacune des lampes, pour le circuit Z

$$(3) \qquad O - V = (r + R)i - L\frac{di}{dt} - V_0,$$

pour le circuit Z'

$$(3') \qquad O - V' = (r' + R')i' - L'\frac{di'}{dt} - V_0.$$

La chute de tension entre le point A et le point O a pour valeur

$$(4) \qquad (R + r)i - L\frac{di}{dt},$$

r et r' étant les résistances respectives des selfs L, L'.

De même la chute de tension entre les points B et O a pour valeur

$$(4') \qquad (R' + r')i' - L'\frac{di'}{dt},$$

Si $R = R'$, $L = L'$, $K = K'$, ou, d'une manière plus générale, lorsque les impédances de ces deux circuits, Z et Z', sont égales, la différence de potentiel entre les points C et B est représentée par l'expression

$$(5) \qquad -L\frac{di}{dt} + ri - R'i'.$$

Or la symétrie du montage entraîne l'égalité des intensités i et i'. Si donc R' et r sont égaux, *cette différence de potentiel est proportionnelle à la dérivée de l'intensité i.*

Ce résultat a été vérifié au moyen de courants représentant différentes fonctions du temps et en particulier sur un dispositif donnant périodiquement une fonction parabolique du temps. La dérivée du courant était ainsi, durant chaque période, une fonction linéaire du temps. L'expérimentation a été effectuée à différentes fréquences : la représentation de la dérivée est très fidèle, si l'on se tient nettement au-dessous de la résonnance, ce qui conduit à choisir des valeurs de R et de L telles que la courbe de réponse du système soit aussi aplatie que possible.

Un des avantages de ce dispositif consiste à avoir des coefficients variables dans l'expression (5), ce qui permet son application aux différents systèmes d'asservissement par courants électriques, et, en particulier, aux dispositifs utilisant comme organe détecteur des cellules photoélectriques. Dans les systèmes de dérivation utilisant un transformateur, le

coefficient de la dérivée reste constant, ce qui limite considérablement leur application.

Le système proposé dans cette Note a été appliqué à l'étude des diagrammes de moteurs thermiques par l'intermédiaire de la méthode photocathodique.

PHOTOMÉTRIE. — *Photométrie physique des tubes à gaz luminescents.* Note de MM. **Marcel Laporte** et **François Gans**, présentée par M. Charles Fabry.

L'un de nous [1] a montré que les mesures photométriques des tubes à gaz peuvent sous certaines conditions se ramener à celle de l'intensité émise par un segment de tube. Nous avons réalisé la mesure physique d'une telle intensité à l'aide du dispositif suivant qui utilise une méthode dont le principe, indiqué par Ch. Féry [2] en 1908, a donné lieu à quelques essais de Ives [3] en 1915.

Le tube à étudier est disposé verticalement de façon que son axe passe par le foyer d'une lentille L_1, convergente, dont l'axe optique est disposé horizontalement. Les rayons parallèles traversent successivement deux prismes, identiques, d'arêtes verticales, sous l'incidence moyenne du minimum de déviation; une lentille L_2 reprend les rayons et donne un spectre S. Dans le plan de ce spectre est disposé un écran opaque, percé d'une fenêtre transparente; cette fenêtre est limitée par une courbe; l'ordonnée de chaque point de la courbe est proportionnelle au coefficient de visibilité de l'œil et inversement proportionnelle au coefficient de transmission des prismes pour la radiation correspondante. Les rayons sont ensuite repris par un système fortement convergent; une pile thermoélectrique est disposée dans le plan de l'image de la face d'entrée du prisme, où les rayons qui ont traversé la fenêtre du diaphragme sont rassemblés; la pile est reliée à un galvanomètre.

Ce dispositif est caractérisé par l'absence de fente : le tube fonctionne comme une source linéaire, dans les conditions de l'expérience. Sans qu'il soit besoin d'un écran, la longueur utile ($4^{cm},7$) du segment de tube est

---

(1) Marcel Laporte, *Revue d'Optique*, 12, 1933, p. 21.
(2) *Journal de Physique*, 7, 1908, p. 632.
(3) Ives et Kingsbury, *Phys. Rev.*, 6, 1915, p. 319 et 334.

définie par l'ordonnée maxima de la fenêtre (2^{cm}); un dispositif de diaphragme à iris assure le centrage de tubes de diamètres quelconques.

Pour construire la courbe limitant la fenêtre du diaphragme, on a utilisé la courbe de visibilité et le spectrogamme, obtenu à l'aide de l'appareil d'un tube à hélium de faible diamètre. Le récepteur est une pile thermoélectrique de Moll de grande surface, reliée à un galvanomètre Zernicke (type Z_c); dans ces conditions d'observation, une différence de température de 10^{-5} degré entre les soudures suffit à donner une déviation du spot de 1^{mm}. Cette sensibilité exige une très bonne protection thermique qui a été assurée en enfermant tout l'appareillage dans une boîte hermétiquement close, dont toutes les parois ont été doublées de plaques de liège tendues de drap noir; la lentille d'entrée est enchâssée comme un hublot sur la paroi antérieure de la boîte.

Une lampe à incandescence, tubulaire, opale, d'une intensité de 1,12 bougie, provoque une déviation de 18^{mm} : l'appareil permet d'évaluer facilement le 1/20 de bougie. De nombreuses expériences de vérifications ont été faites, qui ont montré : 1° la concordance des mesures, faites par photométrie visuelle ou par photométrie physique, entre des sources de composition spectrales voisines (lampes à incandescence ou tubes à néon); 2° la concordance des mesures faites par photométrie visuelle et par photométrie physique de sources de couleurs voisines mais de compositions spectrales très différentes (lampes à incandescence comparées à un tube à hélium ou avec une source jumelée, néon-mercure); 3° la concordance des mesures absolues faites (pour un tube à néon) avec la méthode des filtres et avec le photomètre physique.

Comme premières applications de l'appareil, nous avons déterminé les variations de l'intensité lumineuse d'une lampe à incandescence en fonction de la tension d'alimentation, ainsi que les intensités de tubes au néon et de tubes argon-mercure sous différents régimes d'alimentation.

SPECTROSCOPIE. — *Recherche des métaux alcalins dans les eaux naturelles.* Note de M. **Robert Bossuet.**

J'ai continué la recherche des métaux alcalins ([1]) dans une série d'eaux minérales de Corse, d'Algérie, de Tunisie et de Madagascar. Les résultats

([1]) *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 131, et 202, 1936, p. 1162.

obtenus sur des prises maxima de 1000^{cm^3} sont consignés dans les Tableaux suivants.

I. — Sources dans lesquelles ont été décelés les cinq métaux alcalins.

Corse : *Eaux sulfurées sodiques.* — Caldaniccia, Source Thermale (34°); Guitera, Source Thermale (45°); Guagno, Grande Source (49°); Piétrapola, Source Thermale (55°); Zigliara, Source Thermale.

Eau non classée : Source d'Aquagitos, Commune de Serra-di-Fiumorbo, près de Migliacciaro.

Algérie : *Eaux chlorurées sodiques, chlorosulfurées.* — Hammam-Mélouane (Alger), Source Aïn-el-Aroussa, Source du Marabout Sidi Sliman (44°); Bains de la Reine (Oran), Source Thermale (55°); Aïn-el-Ouarka (Oran), Source Thermale (45°); Hammam-Bou-Akkaz (Constantine), Source Thermale (39°); Hammam des Beni Guechat (Constantine), Source Thermale (41°); Source Minérale de l'Aïn-Gâa-el-Kef (15°), Douar Tassala (Constantine); Hammam-Bou-Taleb (Alger), Source Thermale (49°); Hammam N'Bails Nador (Constantine), Source Thermale (42°); Hammam-Selama (Oran), Source artésienne Puits E (37°); Hamman des Amamrhas ou Fontaine chaude de Kenchela (61°) (Constantine); Hammam des Ouled Ghalia (Alger), Source de Sidi Seliman (40°); Hammam-Salahin (Constantine), Fontaine des Saints (45°); Hammam-el-Biban (Constantine), Source Thermale (90°); Source minérale d'Aïn-Mentila (Oran); Aïn-el-Hammam-Sidi Mohamed (Oran), Source Thermale; Hammam-Ksennah (Alger), Source Aïn-el-Halfa (70°), Source H. Mzara (55°); Hammam Sidi Bou Abdallah (Oran), Source Thermale (50°); Hammam-Berrouaghia (Alger), Vieux Bain (44°); Hammam-Gosbat (Constantine), Source Thermale (41°); Hammam-Sidi Yahia (Constantine), Source Thermale.

Eaux bicarbonatées, chlorobicarbonatées. — Takitount (Constantine), Source minérale (18°); Ben Haroun (Alger), Source A (16°); Hammam-Bou-Hanifia (Oran), Source Thermale (66°), Source Salée; Hammam-Bou-Hadjar (Oran), Source du Palmier (75°), Source Meskine (70°); Hammam-Meskoutine (Constantine). *Aquæ Tibilitanæ* des Romains. Sources de la Grande Cascade (96°) minéralisation $1^{gr},5$ environ, Source du Cône (90°), Cascade jaillissante sulfureuse (85°), Source du Chemin de fer (85°), Source ferrugineuse (82°), Source du Pont (75°), Source du Palmier et de l'Olivier (60°).

Eaux sulfatées, chlorosulfatées. — Hammam-Righa (Alger). *Aquæ*

Calidæ. Source Romaine n° 2 (68°); Hammam-Ould-Khaled ou Grandes eaux chaudes de Saïda (45°) (Oran); Hammam-Bou-Sellane (Constantine), Source Thermale; Hammam-Zerghin, Commune de Chellala (Alger), Source Thermale.

Tunisie : *Eaux chlorurées sodiques*. — Hammam-Lif, Source Aïn-el-Bey (47°), Source Aïn-el-Ariane (51°); Korbous. *Aquæ Calidæ* des Romains. Source Aïn-Kebira, Source Aïn-Atrous; Hammam-Saya la (Commune de Béja) Source Minérale; El Hamma, Source Aïn-el-Bordj (47°).

Eau bicarbonatée. — Source d'Aïn Garcy (Enfidaville).

Madagascar : *Eaux bicarbonatées*. — Sources de la Station Thermale d'Antsirabe, Source Perrier de la Bathie (51°), Source Ranovisy (42°).

Sources diverses : Fiakarandava (près de la Voirie); Masondrary.

II. — Sources dans lesquelles ont été décelés les métaux alcalins à l'exclusion du cæsium ($Cs < 10^{-3}$ mg par litre).

Source des Eaux potables de Biskra (Constantine) ou Source du Marabout (15°); Source de l'Aïn Rendjia (10°) Territoire de Lucet, Commune mixte de Fedj-M'zala (arrondissement de Constantine); Hammam-Bou-Ghrara (Oran) Source de la piscine (44°); Sources du rocher de Constantine (Ravin du Rummel) : Sidi M'Cid, César et Cirta (30°); Chott el Djerid (Tunisie).

Les eaux bicarbonatées sodiques d'Antsirabe (Madagascar) appartiennent au massif volcanique de l'Ankaratra et se rapprochent de celles de Vichy (Rano Visy) par leur composition.

Les eaux sulfurées sodiques de la Corse émergent du granite et sont assimilables aux eaux sulfurées thermales des Pyrénées.

La plupart des eaux minérales d'Algérie et de Tunisie sont caractérisées par leur richesse en chlorure de sodium [1]. La présence du *cæsium* y est très fréquente.

Les sources hyperthermales d'Hammam-Meskoutine (60°-96°) sont surtout minéralisées par le chlorure de sodium et les sels de calcium. Elles contiennent des traces de *cæsium* dont la teneur est voisine de $0^{mg},03$ par litre (Source de la Grande Cascade 96°).

---

[1] Les gisements de gypse et de sel sont très nombreux et certaines sources ont une origine nettement triasique (H. Mélouane, etc.).

SPECTROGRAPHIE INFRAROUGE. — *Le tétraméthyléthylène et l'influence de la double liaison*. Note de MM. **Jacques Errera**, **Pol Mollet** et de Mlle **Mary L. Sherrill**, présentée par M. Jean Perrin.

Nous avons indiqué (¹) les bandes d'absorption trouvées entre 2780 cm^{-1} et 7700 cm^{-1} pour les hydrocarbures liquides saturés et éthyléniques en C_5, C_6 et C_7. Nous avons voulu compléter ces recherches par l'étude du tétraméthyléthylène (diméthyl-2.3-butène-2), molécule ayant une très grande symétrie, puisque les deux atomes de carbone doublement liés portent chacun 2 groupes CH_3.

Le spectre d'absorption de ce corps présente, comme il fallait s'y attendre, moins de bandes d'absorption et la comparaison avec les autres corps cités ci-dessus permet de tirer les conclusions suivantes :

1° Les bandes à 3300, 3760 et 5000 cm^{-1}, qui apparaissaient dans tous les corps éthyléniques étudiés et pas pour les saturés et que nous avions attribuées à la liaison C — H dans les groupes = C — H, n'apparaissent pas non plus dans le tétraméthyléthylène, car, quoique éthylénique, il ne renferme pas de groupe = C — H.

2° Les bandes ou inflexions à 3190, 3340, 3370, 3420, 3530, 4750, 5140$^{cm^{-1}}$ qui apparaissent dans les saturés et les éthyléniques peuvent être dues à des vibrations C — H dans des groupes — CH_2 —, puisqu'elles n'apparaissent pas dans le tétraméthyléthylène qui ne renferme pas ce groupement.

3° Nous avions remarqué que la bande à 2930$^{cm^{-1}}$ se dédoublait lorsque deux radicaux sont attachés à un des carbones de la double liaison. Pour la nouvelle molécule étudiée, ce dédoublement se produit aussi : il y a, en effet, deux radicaux attachés à chacun des deux carbones de la double liaison.

4° La bande à 3090$^{cm^{-1}}$, attribuée précédemment aux vibrations C — H dans le groupement = CH_2, n'apparaît pas non plus, comme il fallait s'y attendre, dans ce dernier spectre.

(¹) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 2141.

RADIOCHIMIE. — *État électronique des radicaux dans les molécules polyatomiques.* Note de M. **Victor Henri**, présentée par M. Jean Perrin.

Les molécules biatomiques normales AB donnent par dissociation adiabatique, soit deux atomes normaux A et B, soit un atome activé A^* et un atome normal B, soit enfin deux ions A_+ et B_-. Dans le cas de molécules polyatomiques, on doit examiner si, par la séparation de certains atomes ou radicaux, les produits de la dissociation adiabatique se trouvent à l'état normal ou s'ils sont activés électroniquement.

J'ai montré (¹) que le groupe carbonyle CO des aldéhydes, des cétones, ainsi que des composés halogénés, se trouve dans ces molécules à l'état activé correspondant à l'état $a(^3\Pi)$ de la molécule CO, cet état se trouvant à 48438 cm^{-1} (6,0 v. e. ou 138 Kcal.) au-dessus de l'état normal $X(^1\Sigma)$. Il en résulte que dans la réaction de décomposition d'une molécule contenant un carbonyle, lorsque le premier acte élémentaire sépare le carbonyle de la molécule, le groupe CO apparaît dans un état activé et en retombant au niveau normal, l'énergie d'activation peut, soit produire de nouvelles réactions, soit apparaître sous forme de photons. C'est là l'explication des observations faites par M. Audubert d'émission de photons qui accompagnent un grand nombre de réactions chimiques.

Les critères qui servent à déterminer dans quel état électronique se trouvent les différents radicaux dans les molécules sont :

1° l'étude de la fréquence de vibration caractéristique de ces radicaux faite par les spectres Raman et infrarouges;

2° la détermination de la distance entre les atomes des radicaux mesurée par la diffraction des rayons X et des rayons électroniques.

Plusieurs radicaux peuvent être ainsi étudiés.

1° *Radical* SO. — A l'état libre, la molécule SO normale est caractérisée par la fréquence de vibration $\omega = 1124$ cm^{-1} et la distance $r = 1,49$ Å, c'est l'état $X(^3\Sigma)$; pour la molécule activée $B(^3\Sigma)$ on a $\omega = 629$ et $r = 1,77$ Å (²).

Dans les molécules contenant le groupe SO, telles que le chlorure et le bromure de thionyle, ainsi que les dérivés éthyliques et méthyliques, la fréquence de vibration est égale en moyenne à 1220 et la distance S — O

(¹) *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 849.

(²) V. Henri et F. Wolff, *J. Phys. et Radium*, 10, 1929, p. 81.

est égale à 1,5 Å. Le radical SO se trouve donc à l'état normal non activé.

2° *Radical* CN. — On connaît trois états électroniques de la molécule CN :

état normal $X(^3\Sigma)$, $\omega = 2069$, $r = 1,17$;

état $A(^2\Pi)$, $\omega = 1789$, $r = 1,24$, niveau 10929 cm^{-1};

état $B(^2\Sigma)$, $\omega = 2164$, $r = 1,148$, niveau 25798.

On trouve pour les cyanures HCN : $\omega = 2089$; KCN, 2080; NaCN, 2085; pour les sulfocyanures NaSCN : $\omega = 2076$; NH^4SCN, 2067; dans ces composés le radical CN se trouve donc à l'état normal $X(^2\Sigma)$.

Pour les dérivés halogénés, on a pour ClCN : $\omega = 2201$; BrCN, 2187; ICN, 2158; pour les isonitriles H^3CNC : $\omega = 2161$, etc.; par conséquent dans des molécules, le groupe CN se trouve à l'état activé $B(^2\Sigma)$ pour lequel $\omega = 2164$.

Enfin dans les nitriles, la fréquence caractéristique du radical CN est égale en moyenne à 2250, elle est supérieure à celle des trois états connus du cyanogène; il est probable qu'il existe un état électronique de CN supérieur pour lequel la fréquence doit être voisine de 2250.

3° *Radical C = C.* — Pour le dicarbone, le niveau inférieur $A(^3\Pi)$ est caractérisé par $\omega = 1641$, $r = 1,31$; les niveaux activés sont : $b(^1\Pi)$, $\omega = 1608$; $B(^3\Pi)$, $\omega = 1792$; $d(^1\Pi)$, $\omega = 1832$.

Dans tous les dérivés contenant une liaison éthylénique, on observe une fréquence Raman caractéristique comprise entre 1623 et 1667; de plus, par la diffraction des rayons X, on trouve $r = 1,31$; par conséquent, le groupe C = C des composés non saturés correspond à la molécule du dicarbone dans son état inférieur $A(^3\Pi)$.

4° *Radical* NN. — La molécule d'azote normale se trouve à l'état :

$$X(^1\Sigma)\ \omega = 2359,6, \qquad r = 1,09;$$

les états activés sont :

$$A(^3\Sigma)\ \omega = 1460, \quad r = 1,29; \qquad B(^3\Pi)\ \omega = 1733, \quad r = 1,21;$$
$$a(^1\Pi)\ \omega = 1692, \quad r = 1,21; \qquad C(^3\Pi)\ \omega = 2046, \quad r = 1,144.$$

Dans les azides tels que NaNNN, la fréquence caractéristique des deux azotes terminaux est égale à 2060, et la distance $N \equiv N$ égale à 1,13 Å, le groupe NN est donc dans ces composés dans un état électronique comparable à l'état $C(^3\Pi)$ dont l'énergie d'activation est 89000 cm^{-1} (11 *e*. v.), cette grande énergie explique l'instabilité de ces composés qui explosent facilement.

Dans l'azométhane $CH^3N.N.CH^3$ la distance entre les deux azotes est égale à $1,24 \pm 0,05$ Å, le groupe NN correspondrait donc à l'état A ou B de la molécule d'azote. Le niveau A correspond à une énergie d'activation de $49765\ cm^{-1}$ (140 Kcal.) et le niveau B à $59285\ cm^{-1}$ (168 Kcal.).

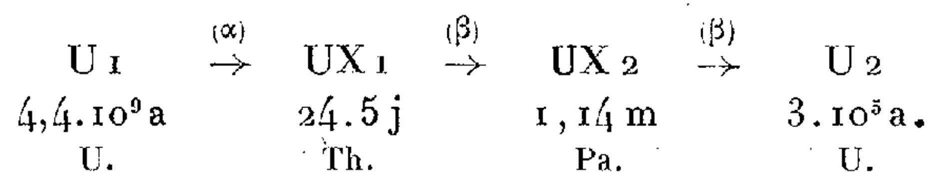
5° *Radical* NO. — La molécule NO est caractérisée par les fréquences suivantes : état normal $X(^2\Pi)1906$; états activés $A(^2\Sigma)2374$; $B(^2\Pi)1038$; $C(^2\Sigma)2347$.

Dans les molécules contenant le radical NO, la fréquence caractéristique de ce radical est $\omega = 1832$(ClNO), donc le groupe NO se trouve à l'état normal non activé.

Ces différents résultats relatifs à l'état électronique des radicaux dans les molécules polyatomiques servent de base pour l'analyse du mécanisme des réactions chimiques de ces molécules. Ils conduisent à une nouvelle interprétation des lois de la cinétique chimique.

RADIOACTIVITÉ. — *Extraction d'uranium X par précipitation d'hydroxyde ferrique*. Note de M. **Maurice Bachelet**, présentée par M. Georges Urbain.

L'UX (UX 1 + UX 2) se forme à partir de l'UX suivant la filiation



$$\underset{\substack{4,4.10^9\,a \\ U.}}{U\,1} \xrightarrow{(\alpha)} \underset{\substack{24.5\,j \\ Th.}}{UX\,1} \xrightarrow{(\beta)} \underset{\substack{1,14\,m \\ Pa.}}{UX\,2} \xrightarrow{(\beta)} \underset{\substack{3.10^5\,a. \\ U.}}{U\,2}$$

Un des composés d'urane le plus usuel est le nitrate qui par sa grande solubilité se prête bien à des traitements chimiques. Les procédés connus : cristallisation fractionnée du nitrate d'U, traitement aux carbonates alcalins en excès, extraction à l'éther, présentent à titres divers les inconvénients pour le traitement de grandes quantités de nitrate d'U. Il était donc intéressant de chercher une méthode plus pratique.

M. Debierne nous a conseillé d'étudier l'entraînement de l'UX dans du nitrate d'U par un précipité d'hydroxyde de fer provoqué par l'addition ménagée d'ammoniaque. L'UX est un isotope du Th, or les sels de Th précipitent par l'ammoniaque au pH 3,5 et les sels d'U au pH 4,2. Une séparation U, UX est donc possible mais il est indispensable d'ajouter un entraîneur. En effet, en l'absence de sel ferrique, le rendement est négligeable.

Si on laisse la précipitation s'effectuer à froid, le rendement est de 70 pour 100, en chauffant à l'ébullition, on obtient 90 pour 100. Nous avons choisi la concentration de 200^g au litre de nitrate d'U, car pour des concentrations supérieures, le rendement est moins bon; pour des concentrations inférieures, le volume des solutions augmente sans présenter d'avantages appréciables. La quantité d'ammoniaque a été choisie après une série d'essais pour éviter une précipitation trop importante d'U, tout en effectuant une bonne extraction de l'UX. On fait tomber goutte à goutte l'ammoniaque dans la solution de nitrate d'U, il se forme un précipité qui, pour des solutions diluées se redissous par agitation quand la quantité d'ammoniaque ajoutée ne dépasse pas la quantité équimoléculaire de nitrate d'U. Pour des solutions concentrées, la quantité maximum d'ammoniaque pouvant être ajoutée, sans précipité permanent, est légèrement inférieure à la quantité équimoléculaire. Pour l'extraction de l'UX, il n'est pas nécessaire d'ajouter de l'ammoniaque jusqu'au début de précipitation à froid. Pour 1 litre de solution à 200^g de nitrate d'U, soit 0^{mol},1398 de nitrate d'U, le début de précipitation à froid se produit avec 0^{mol},138 d'ammoniaque, mais pour l'extraction de l'UX1, nous n'ajoutions que 0^{mol},1304 d'ammoniaque; le pH de la solution est alors de 3,55. On chauffe à l'ébullition jusqu'à précipitation totale de l'hydroxyde ferrique, filtré, lavé jusqu'à dissolution complète du nitrate d'U entraîné par le précipité. La solution mère est acidifiée au pH 2 et on la conserve pour d'autres extractions.

Suivant le conseil de Mme Joliot-Curie, nous avons traité le précipité pour séparer les sels de fer en laissant ainsi seulement l'U comme *support* de l'UX. Pour cela, on dissout par HCl chaud, on concentre, on verse cette solution dans une solution contenant un grand excès de carbonate d'ammoniaque et un peu de sulfure d'ammonium. Les sels ferriques précipitent et le sulfure de fer obtenu est inactif. L'U et l'UX passent en solution sous forme de carbonates doubles; il est intéressant de noter que si l'on remplace le sulfure d'Am par de l'ammoniaque, l'UX se partage entre la solution et le précipité. On concentre la solution par ébullition; quand tout le carbonate d'Am est décomposé, on acidule par HCl, fait bouillir, filtre le précipité de soufre qui est toujours inactif. Le filtrat qui ne contient que l'U et l'UX est alors précipité par l'ammoniaque, on filtre et l'uranate d'Am entraînant l'UX est calciné en U^3O^8. La quantité d'U accompagnant ainsi l'UX peut varier de 1 à 10 pour 100 de la quantité mise en œuvre suivant la durée de précipitation.

On prélève 2^g que l'on dispose sur un disque de 2^{cm} de diamètre. La teneur en UX de ces 2^g est mesurée par l'ionisation produite dans une chambre de modèle P [1] qui, mise sous tension, débite alors un courant que l'on compense par le courant d'un quartz piézoélectrique associé à un électromètre à quadrants suivant le montage classique de l'Institut du Radium. D'autre part, on mesure un disque étalon de 2^g d'U^3O^8 dans des conditions expérimentales identiques [2]. Or, l'UX pour ce disque étalon se trouve depuis longtemps en équilibre avec l'U des 2^g d'U^3O^8. L'activité de ce disque étalon est donc l'activité maximum pour les conditions de mesure choisies de l'UX correspondant à 2^g d'U^3O^8, soit $3^g,56$ de nitrate d'U. On peut donc en déduire l'activité maximum d'une préparation qui a mis en œuvre une quantité connue de composés d'U. Les rendements que nous avons ainsi calculés variaient de 85 à 95 pour 100.

SYNTHÈSE ATOMIQUE. — *Sur quelques radioéléments artificiels.* Note de MM. **Maurice E. Nahmias** et **Robert J. Walen**, présentée par M. Jean Perrin.

Les réactions responsables des activités observées après bombardement du fluor et du sodium par les neutrons n'étant pas bien déterminées nous en avons repris l'étude.

Le dispositif expérimental consistait en un compteur en aluminium de $0^{mm},2$ de paroi actionnant un numérateur contrôlé par un oscillographe à enregistrement. Les cibles étaient cylindriques et emboîtaient alternativement la source de neutrons et le compteur. Le fluor était utilisé sous forme de FLi et le sodium en métal laminé. L'intensité de la source (Rn + Be) était initialement de 400mc. Nous avons trouvé les périodes suivantes : pour le fluor $8,4 \pm 0,1$ et 31 ± 1 sec.; pour le sodium 8 ± 1, et 33 ± 1 sec. Le rapport des intensités à saturation de la petite à la longue période du F est de 8 dans l'air et de 14 lors de l'irradiation dans la paraffine. Le rapport analogue dans l'air pour le Na est de 0,3. Les périodes sont déduites de la courbe

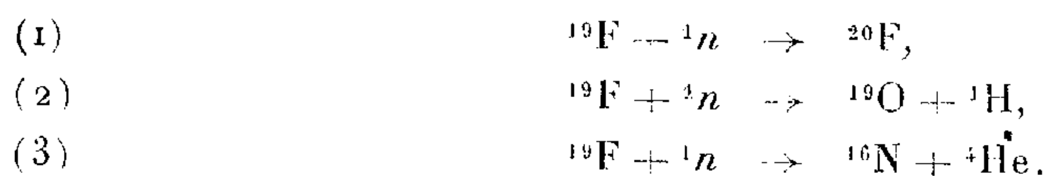
$$y = \log\left[\int_0^t \mathrm{I}\, dt - \mathrm{I}_0 t\right].$$

---

(1) La chambre d'ionisation modèle P a été décrite par Mme Joliot-Curie (*J. Chim. Phys.*, 22, 1925, p. 471).

(2) L'activité du disque étalon est très faible, il faut alors utiliser un électromètre Compton. M. Savel a fait les mesures des disques étalons à l'électromètre Compton.

Toutes les réactions possibles avec le fluor sont :



$$(1)\qquad {}^{19}F + {}^{1}n \rightarrow {}^{20}F,$$

$$(2)\qquad {}^{19}F + {}^{1}n \rightarrow {}^{19}O + {}^{1}H,$$

$$(3)\qquad {}^{19}F + {}^{1}n \rightarrow {}^{16}N + {}^{4}He.$$

Les éléments radioactifs émetteurs d'électrons étant ${}^{20}F$, ${}^{19}O$ et ${}^{16}N$. Le ${}^{20}F$ étant formé également (¹) suivant



$$(4)\qquad {}^{19}F + {}^{2}H \rightarrow {}^{20}F + {}^{1}H$$

avec une période voisine de 12 secondes on peut admettre que la réaction (1) est responsable de la petite période. Nous avons d'ailleurs mis en évidence un effet protonique qui confirme la capture du neutron. Nous avons en outre observé que lors de l'irradiation du F dans la paraffine la période déduite était un peu plus grande ($8,9 \pm 0,1$ sec.). Ceci pourrait s'interpréter par l'existence de deux périodes très voisines, difficiles à séparer, dont l'une ne serait pas sensible à l'effet paraffine, probablement issue d'après la réaction (3). La période de 31 secondes serait alors due à la réaction (2) qui est certainement moins fréquente (²) que (3). Pour le Na la petite période serait due à la réaction



$$(5)\qquad {}^{23}Na + {}^{1}n \rightarrow {}^{20}F + {}^{4}He$$

et celle de 33 secondes à



$$(6)\qquad {}^{23}Na + {}^{1}n \rightarrow {}^{23}Ne + {}^{1}H.$$

Périodes de l'ordre de la seconde. — Pour l'étude des périodes comprises entre 0,5 et 5 secondes nous avons employé le dispositif décrit par Frisch (³) et qui consiste en un bras horizontal amenant automatiquement en un tiers de seconde la cible de la source au compteur. Pour atteindre des périodes inférieures à 0,5 secondes nous avons employé le dispositif de la roue transportant la cible.

Avec la première méthode nous avons examiné les éléments suivants : *Li*, *C*, *N*, *O*, Mg, *Al*, Si, *Cl*, K, Ca, Sc, Ti, V, Cr, Mn, *Fe*, Co, *Ni*, *Cu*, *Zn*, As, *Se*, Br, Sr, Yt, Zr, Nb, Mo, Rh, Pd, *Ag*, *Cd*, *Sn*, Sb, Te, I, Cs, Ba, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Gd, Yb, Ta, W, Pt, Au, Hg, Tl, *Pb*, Bi. Aucun de ces éléments ne présente une activité appréciable dans le domaine des

---

(¹) CRANE, DELSASSO, FOWLER et LAURITSEN, *Phys. Rev.*, 47, 1935, p. 971 et 887.

(²) D'après les études de désintégrations à la chambre Wilson.

(³) *Nature*, 133, 1934, p. 721.

périodes indiqué. Ceux en *italiques* ont été aussi examinés par Bjerge ([1]) avec un dispositif identique et avec le même résultat.

Vu l'impossibilité d'utiliser des sources très intenses de (Rn + Be) à cause du rayonnement γ, et aussi par suite de la difficulté de préparer dans la majorité des cas des cibles cylindriques, ces résultats négatifs n'ont pour cela rien de définitif.

Nous confirmons l'activité signalée par Bjerge (Crane, *loc. cit.*) pour le beryllium. En étudiant 200 décroissances à l'oscillographe nous trouvons une période de $0,7 \pm 0,1$ seconde. La réaction la plus probable est



$$(7) \qquad {}^{9}\text{B} + {}^{1}n \rightarrow {}^{9}\text{Li} + {}^{1}\text{H}.$$

Lors de cette étude nous avons employé une source de (RdAc + Be) préparée par Mme I. Joliot-Curie. Cette source d'une intensité en neutrons équivalente à 130 mc de (Rn + Be) présente un avantage considérable sur celle-ci par sa décroissance plus lente et la facilité avec laquelle on peut en absorber le rayonnement γ.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Preuve expérimentale de la diffraction des neutrons.* Note de MM. **Hans von Halban** jun. et **Pierre Preiswerk**, présentée par M. Jean Perrin.

En considérant, d'après la théorie de Louis de Broglie, l'onde associée au corpuscule neutron, Elsasser ([2]) a suggéré qu'on pourrait obtenir un diagramme analogue à celui de Debye et Scherrer même avec des neutrons non monochromatisés :

a. La répartition des vitesses des neutrons d'une source de neutrons lents (Rn + Be entouré de paraffine) présente un maximum pour les neutrons ayant l'énergie thermique avec une distribution approximativement maxwellienne ([3]).

b. L'absorption des neutrons d'énergie thermique dans les noyaux de certains éléments indicateurs s'effectue avec une section efficace variant avec l'inverse de la vitesse des neutrons.

([1]) *Nature*, **137**, 1936, p. 864.

([2]) *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 1029.

([3]) Dunning, Pegram, Fink, Mitchell et Segré, *Phys. Rev.*, **48**, 1936, p. 704.

M. Elsasser a calculé la distribution angulaire des neutrons sortants d'une source répondant à la condition *a* et diffusés par une poudre cristalline, en admettant qu'ils sont diffractés en raison de leur caractère ondulatoire. Les calculs montrent notamment que, pour une poudre de fer, la diffusion cohérente des neutrons, observable à l'aide d'un indicateur

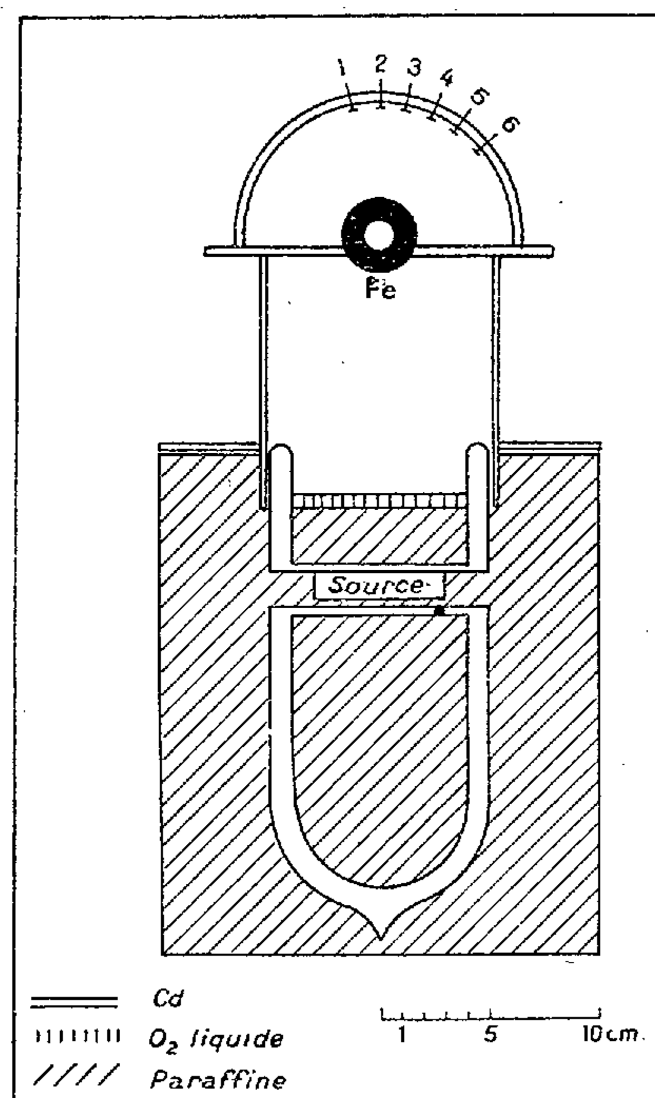


Fig. 1.

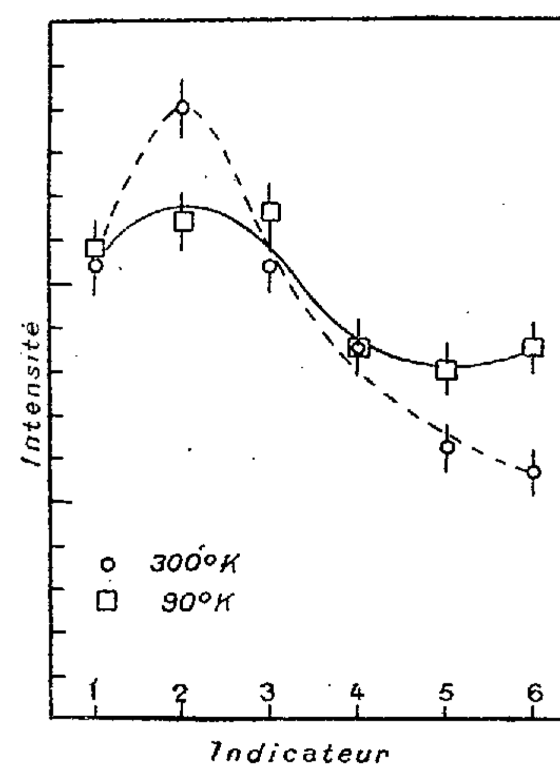


Fig. 2.

répondant à la condition *b*, est négligeable dans un cône d'ouverture de 26° autour de la direction du faisceau incident. Cet angle dépend de la vitesse moyenne des neutrons, il passe de la valeur de 18° lorsque la paraffine ralentissante est à la température de 300° absolus, à 33° pour une température de 90° absolus. L'expérience consiste à observer la distribution angulaire des neutrons pour ces deux températures.

La figure 1 montre le dispositif. Une source de neutrons (1 curie Rn + Be) est placée dans un vase de Dewar qui est rempli et entouré de paraffine. Deux diaphragmes en cadmium canalisent un faisceau de neutrons (ouverture 27°). Un diffuseur en fer (cylindre de 3^{cm} de hauteur) se trouve dans le deuxième diaphragme. Des indicateurs de surface $0,5 \times 2^{cm^2}$ sont

rangés de 13 en 13 degrés autour du cylindre dans une chambre en cadmium. Nous avons choisi le dysprosium comme indicateur parce qu'il est très sensible aux neutrons thermiques ([1]). D'autre part le cadmium absorbe tous les neutrons qui sont capturés par le dysprosium ([2]) on a donc un moyen commode pour protéger complètement les indicateurs. Cependant l'effet observé sera affaibli car l'effet de température ([3]) montre que la section efficace du dysprosium pour les neutrons thermiques varie moins vite que $1/v$.

Les résultats obtenus sont indiqués par deux courbes (*fig.* 2) avec les erreurs statistiques probables. La distribution sans diffuseur a été trouvée indépendante de la température de la paraffine. Les courbes montrent que la distribution angulaire avec le diffuseur dépend de la vitesse des neutrons : Pour les neutrons plus lents, l'intensité diminue pour les petites déviations et augmente pour les grandes déviations. L'effet est petit mais, hors des erreurs statistiques, il met cependant en évidence d'une façon suffisamment nette le phénomène de diffraction de l'onde associée aux neutrons. Quantitativement on ne peut pas comparer ces résultats aux calculs de Elsasser; dans notre expérience la sensibilité des indicateurs varie moins vite que $1/v$, et le faisceau a nécessairement une grande ouverture en raison de la faible intensité des neutrons.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les constantes de dissociation de l'acide ascorbique et de son produit d'oxydation par l'iode.* Note ([4]) de M. **Georges Carpéni**, présentée par M. Georges Urbain.

L'acide ascorbique, identifié par Szent-Gyorgyi avec la vitamine C, a déjà été étudié du point de vue de ses constantes de dissociation, en particulier par Birch et Harris ([5]) et par Kumler et Daniels ([6]). Ces auteurs trouvent pour les premières constantes les valeurs suivantes, déterminées électro-

---

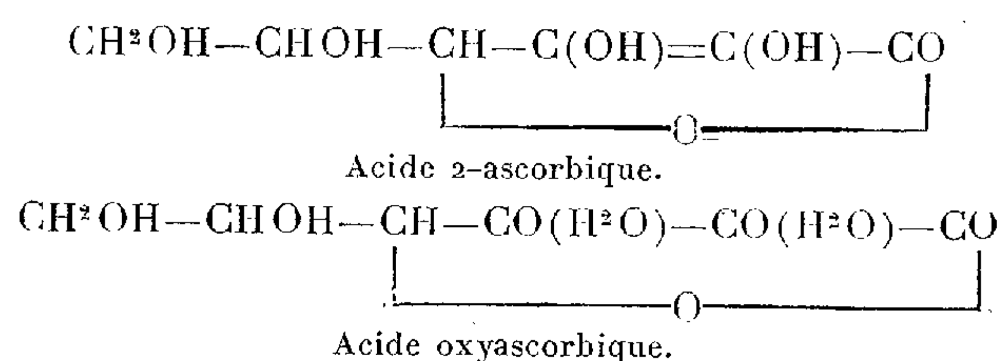
([1]) Von Hevesy et Levy, *Nature*, 136, 1935, p. 103.
([2]) Preiswerk et von Halban, *Nature*, 136, 1935, p. 1027.
([3]) Moon et Tillman, *Proc. Roy. Soc.*, 153, 1936, p. 476.
([4]) Séance du 29 juin 1936.
([5]) *Bioch. J.*, 27, 1933, p. 595.
([6]) *J. Am. Chem. Soc.*, 57, 1935, p. 1929.

métriquement :

$$k_1 = 6{,}76.10^{-5} \text{ (B. et H.)} \quad \text{et} \quad 7{,}59.10^{-5} \text{ (K. et D.)},$$
$$k_2 = 2{,}69.10^{-12} \text{ (B. et H.)} \quad \text{et} \quad 3{,}09.10^{-12} \text{ (K. et D.)},$$
$$(k_3 < 10^{-14}?) \quad \text{(B. et H.)}.$$

Le produit d'oxydation par l'iode possède, d'après Borsook et Keighley [1], une constante de dissociation, mesurée colorimétriquement, $k_{0_1} = 10^{-9}$.

Les formules de constitution, correspondantes aux formes réduite et oxydée, qui paraissent rallier à l'heure actuelle le plus de suffrages, sont celles établies surtout par Herbert, Hirst, Percival, Reynolds et Smiths [2] :



Acide 2-ascorbique.

Acide oxyascorbique.

Ces formules ont été critiquées, car elles ne semblent pas en concordance avec les valeurs trouvées pour les constantes de dissociation. Quoi qu'il en soit, on compare la première constante à celle d'un groupement carboxylique, la deuxième constante à celle d'un groupement céto-énolique.

J'ai montré [3] que l'oxyréductone présente pendant le titrage électrométrique une particularité frappante, qui consiste en une acidification progressive en fonction du temps. J'ai indiqué que ce phénomène a lieu également avec l'acide ascorbique, corps très apparenté à la réductone, surtout par ses propriétés réductrices et la présence dans sa formule du groupement endiol —C(OH)=C(OH)—. La présente Note a pour objet principal la présentation des résultats obtenus électrométriquement avec l'acide ascorbique.

Acide ascorbique. — L'acide employé est un produit Hoffmann-La Roche. Comme dans le cas de la réductone, les potentiels sont stables, le produit ne subit pas de décomposition pendant le titrage (indice d'iode, en fin d'opération, identique à celui du début).

---

(1) *Proc. Nat. Acad. Sci.*, **19**, 1933, p. 875.

(2) *J. Chem. Soc.*, **136**, 1933, p. 1270.

(3) G. Carpéni, *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 1065.

A 1°, la courbe indique deux fonctions : le premier point d'équivalence correspond bien à un équivalent NaOH, mais le deuxième a lieu (courbe corrigée) après avoir ajouté 80 pour 100 seulement de la quantité théorique. On est tenté d'expliquer ce fait en supposant qu'à cette basse température l'énolisation n'est pas complète. Les deux constantes ont les valeurs $k_1^{1°} = 2.10^{-5}$ et $k_2^{1°} = 6,3.10^{-13}$.

A 20°, les constantes trouvées sont $k_1^{20°}\ 6,76.10^{-5}$ et $k_2^{20°} = 2,75.10^{-12}$, en bon accord avec les valeurs de Birch et Harris (*loc. cit.*).

Acide oxyascorbique. — Une solution aqueuse d'iode oxyde l'acide ascorbique avec libération de 2 HI. La solution ainsi obtenue, titrée électrométriquement, révèle l'acidification progressive déjà décrite, correspondant à une transformation irréversible signalée aussi par Borsook et Keighley (*loc. cit.*) et par R. Wurmser et Loureiro ([1]).

a. Titrage rapide. — Si l'on n'attend pas l'établissement des équilibres, la courbe obtenue conduit à une constante $k_{0_1}^{20°} \cong 2,4.10^{-9}$ (moyenne de $2,6.10^{-9}$ à l'électrode de verre et de $2,2.10^{-9}$ à l'électrode de Pt), approximative, puisque dans cette région les chutes de potentiels sont notables. Un titrage en retour, avec HCl, fournit une courbe nouvelle avec rapport stœchiométrique correspondant à deux fonctions dont les deux constantes sont $k'_{0_1} \cong 8,9.10^{-4}$ et $k'_{0_2} \cong 1,6.10^{-5}$.

b. Titrage lent. — Les mesures sont faites immédiatement après chaque addition de réactif, puis 24 heures plus tard. Les courbes indiquent trois fonctions avec des rapports stœchiométriques sensiblement respectés. Voici les résultats :

Titrage direct par NaOH.

El. de verre.......	$k_{0_1} \cong 8.10^{-4}$;	$k_{0_2} \cong 1,3.10^{-8}$;	$k_{0_3} \cong 4.10^{-11}$,
El. de Pt.........	$k_{0_1} \cong 4.10^{-4}$;	$k_{0_2} \cong 1,1.10^{-8}$;	$k_{0_3} \cong 6,3.10^{-11}$,
Moyennes.........	$k_{0_1} \cong 6.10^{-4}$;	$k_{0_2} \cong 1,2.10^{-8}$;	$k_{0_3} \cong 5,1.10^{-11}$,

Titrage en retour par HCl.

Mêmes valeurs pour les deux électrodes :

$$k'_{0_1} = 1,8.10^{-3}; \quad k'_{0_2} = 7,1.10^{-5}; \quad k'_{0_3} = 3,2.10^{-9}.$$

Conclusion. — Les comportements de l'acide oxyascorbique et de l'oxyréductone sont en tous points analogues. Les transpositions moléculaires révélées par la méthode électrométrique conduisent naturellement à des produits différents. Mais l'analogie constatée, ainsi que la présence, dans

(1) *J. Chim. Phys.*, **31**, 1934, p. 419.

les deux molécules, d'un même groupement caractéristique, incite à attribuer la cause de ces transpositions à la présence de ce groupement : $-CO(H^2O)-CO(H^2O)-$.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur l'emploi du réactif uranyl-magnésien hydro-alcoolique*. Note de M. **Alexandre Krassilchik**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

L'addition au réactif uranyl-magnésien de Blanchetière ([1]) d'une certaine proportion d'alcool permet de réaliser une rapide et totale précipitation du sodium. Mais cette modification, telle qu'elle a été proposée et étudiée quantitativement par Kahane ([2]) avec le sodium seul, ne donne pas les résultats indiqués par l'auteur, surtout en présence du potassium qui l'accompagne d'ordinaire. Les causes d'erreurs sont multiples.

Pour mettre en évidence ces erreurs, nous avons fait des dosages en opérant sur le sodium pur et sur ses mélanges avec le potassium. Ce dernier élément se rencontre souvent en grande quantité dans les cendres végétales ([3]) et, après l'élimination de l'acide phosphorique, c'est lui qui peut être très gênant.

La vérification de la technique de Kahane nous a montré que le lavage du précipité avec le réactif hydroalcoolique, comportant des erreurs systématiques, représente à lui seul un inconvénient qui rend la méthode inapplicable, même quand le rapport K/Na est plus petit que 10. Pour le rapport K/Na égal à 10 nous avons trouvé une erreur d'environ + 20 pour 100; pour un rapport égal à 5, d'environ + 5 pour 100; égal à 2, d'environ + 1 pour 100. Même dans le domaine restreint de son application au sodium seul, contrairement aux indications de Kahane, les erreurs dépassent souvent de beaucoup de 1 à 2 millièmes.

En effectuant 3 ou 4 lavages successifs du précipité avec le réactif primitif de Blanchetière, nous avons rendu possibles les dosages du Na dans de larges limites de valeurs du rapport K/Na.

([1]) *Bull. Soc. Chim. de Fr.*, 4e série, **33**, 1923, p. 807.

([2]) *Bull. Soc. Chim. de Fr.*, **47**, 1930, p. 382-404; *Bull. Soc. Chim. Biol.*, **14**, 1932, p. 1259.

([3]) Les quantités de potassium peuvent, d'après G. Bertrand et D. J. Perietzeanu (*Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 1616), dépasser 1000 fois celles de sodium.

Le respect de certaines conditions est indispensable pour que les résultats calculés au moyen du facteur 0,015, par lequel on multiplie le poids de l'acétate triple de Na obtenu, ne soient pas incertains.

Les variations de la température des réactifs (précipitation et lavage) doivent être écartées; en particulier l'usage du thermostat pour l'égalisation de la température des réactifs, avant et pendant leur emploi est indispensable. Après chaque lavage du précipité, la température du milieu est égalisée avant la décantation du réactif. Pour assurer la saturation des réactifs à chaque variation de température, il est utile d'ajouter, tant au réactif aqueux qu'à l'hydroalcoolique, de l'acétate triple de Na préparé par ailleurs.

L'addition lente du réactif, lors de la précipitation, provoque des entraînements de Na même dans les solutions pures de ses sels. L'addition en une seule fois d'une grande quantité de réactif dilue le milieu et empêche ainsi l'entraînement du sodium par les cristaux d'acétates triples. C'est le dernier mode d'addition du réactif qui permet les dosages corrects. L'emploi général de volumes plus grands de réactif augmente la vitesse de précipitation et ne peut conduire qu'à la sensibilisation du dosage. La durée de la précipitation complète peut être réduite à quelques minutes grâce à une forte agitation en présence d'un excès de réactif; une demi-heure est nécessaire si l'on se contente d'une courte agitation au début.

Une filtration rapide du précipité, conduite sans contrôle peut provoquer des pertes par aspiration de parties fines. Sur le filtre à fond poreux I. G. 3 la meilleure vitesse est de 2-3 gouttes par seconde. Afin d'éviter le transport sur le filtre du précipité avant élimination complète par le lavage avec le réactif de Blanchetière des acétates autres que celui de Na, la décantation des liqueurs ne se fait qu'après centrifugation.

La dissolution de l'acétate triple de Na dans l'alcool à 95° est relativement rapide. Dans les conditions d'une simple filtration, le précipité pur et sec, surmonté de 35^{cm^3} d'alcool, subit une perte du poids correspondant environ à $0^{mg},1$ de Na. Vu ce qui précède, le mode du lavage doit être sévèrement contrôlé. Le lavage mixte : 1 fois avec de l'alcool à 95° pur (environ 8^{cm^3}), puis 2-3 fois avec de l'alcool saturé d'acétate triple de Na (employant la quantité nécessaire, 8^{cm^3} peuvent suffire pour finir le lavage et transporter le précipité sur le filtre) donne les résultats les plus réguliers. Le lavage à l'éther du précipité rassemblé sur le filtre réduit le séchage à 105° à 5 ou 10 minutes.

Le réactif hydroalcoolique se prépare le plus facilement en dissolvant à

chaud 32^g d'acétate d'uranyle dans 425^{cm^3} d'eau distillée, additionnée de 20^{cm^3} d'acide acétique glacial, l'acétate de Mg (100^g) et l'alcool à 95° (500^{cm^3}) sont ajoutés ultérieurement (composition pour 1^l de réactif). L'estérification de l'acide acétique par l'alcool est, à côté des phénomènes photolytiques, une source d'altération possible du réactif et la préparation de réserves de celui-ci n'est pas recommandable.

La filtration du réactif avant son emploi engendre souvent un trouble persistant qui réclame de multiples refiltrations. Ce trouble provient des impuretés des filtres en papier et des récipients. Il est utile de remplacer la filtration par une centrifugation à grande vitesse. Pour avoir un réactif toujours prêt à subir une centrifugation idéale, on le débarrasse par filtration des particules légères, inséparables par centrifugation; on le conserve en ajoutant de l'acétate triple de Na.

En suivant les indications données, on obtient des résultats constants s'approchant au plus près des nombres calculés.

Le principe de l'emploi d'un réactif uranyl-magnésien hydroalcoolique pour la précipitation du sodium et d'un réactif aqueux pour le lavage du précipité peut conduire à l'élaboration d'une méthode microanalytique directe, assurant la totale, constante et rapide précipitation du sodium, jointe à une séparation complète du potassium et de tous les autres éléments si faciles à éliminer par le réactif de Blanchetière.

CHIMIE MINÉRALE. — *Synthèse sous pression de silicates monocalciques hydratés.* Note de Mlle **Jeanne Foret**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

Le silicate monocalcique hydraté a été indiqué par M. H. Le Chatelier [1] dans l'étude de l'hydratation des ciments. MM. Jolibois et Chassevent [2] ont montré que du mélange de solutions de silice et de chaux précipite un silicate monocalcique. Plus récemment, la synthèse de silicates de calcium a été essayée à l'autoclave entre 180° et 200°; pour un rapport CaO à SiO^2

[1] *Recherches expérimentales sur la constitution des mortiers hydrauliques*, Paris, 1887.

[2] *Comptes rendus*, 188, 1929, p. 453; *Les produits d'hydratation du ciment Portland* (XIVe Congrès de Chimie Ind., Paris, octobre 1934).

égal à 1 dans le mélange initial, Nagay (1) et Köhler (2) ont obtenu l'hydrate $SiO^2.CaO.0,25H^2O$.

Ces travaux à l'autoclave n'exploraient qu'un faible domaine de température. J'ai étudié, entre 100° et 200°, la réaction entre chaux et silice en présence d'eau. J'ai employé un appareil de pression chauffé par un four électrique avec régulation de température; la pression fournie par de l'azote était de l'ordre de 100^{kg}. Les matières premières employées étaient la chaux provenant du carbonate pur et le quartz pulvérisé. L'analyse du produit final s'effectue en séparant la chaux non combinée par action d'une solution glycéro-alcoolique, le quartz par lavage à HCl étendu et à une solution à 10 pour 100 de CO^3Na^2, et dans le filtrat, la silice et la chaux combinées par les méthodes habituelles.

Les expériences ci-après portent exclusivement sur des mélanges où le rapport moléculaire CaO à SiO^2 est égal à 1. Tous ces mélanges, après chauffage sous pression, ont conduit à la formation de silicate monocalcique hydraté. Celle-ci a été vérifiée par l'analyse chimique, l'observation microscopique, l'analyse aux rayons X. La température joue un rôle prépondérant dans la rapidité de formation du silicate de calcium, mesurée ici par la quantité de quartz non combiné, tandis que la pression ne paraît pas intervenir sensiblement sur ce facteur.

Quartz non combiné après 22 heures
(exprimé en poids par rapport au mélange initial qui contient 51,7 pour 100 de quartz).

p	168^{kg}.	100^{kg}.	50^{kg}.	20^{kg}.
	%	%	%	%
$t = 180°$...	4,8	8,3	7,17	–
$t = 150°$...	–	15,9	–	–
$t = 120°$...	27	26	29,2	27

L'observation des diagrammes de poudre indique en outre l'existence de deux silicates monocalciques de structures différentes, l'un formé au-dessus de 140°, et l'autre au-dessous de 140° :

(1) *Journ. of the Soc. of Chem. Ind. Jap.*, Sup. Bind., 36, 1933, p. 1.
(2) *Tonind. Ztng*, 59, 1935, p. 739.

Silicate monocalcique α (formé au-dessous de 140°) d_{hkl} (Å).		Silicate monocalcique β (formé au-dessus de 140°) d_{hkl} (Å).	
3,9	raie faible	4,35	raie moyenne
3	» très forte	3,65	» forte
2,8	» moyenne	3,27	» faible
2,5	» moyenne	3,05	» très forte
2,3	» moyenne	2,75	» forte
2,1	» moyenne	2,72	» moyenne
1,95	» moyenne	2,52	» moyenne
1,90	» moyenne	2,3	» faible
1,85	» faible	2,25	» faible
1,64	» faible	2,05	» moyenne
1,54	» moyenne	1,96	» forte
1,46	» moyenne	1,84	» forte
		1,73	» moyenne
		1,54	» moyenne

Le silicate formé au-dessous de 140° a même structure que le silicate obtenu à la température ordinaire par mélange de solutions de silice et de chaux. Les spectres X sont identiques. Le calcul des angles permet de retrouver les données de MM. Jolibois et Chassevent. Ces deux silicates sont mal cristallisés, mais ils se révèlent biréfringents au microscope. Ils présentent une certaine stabilité. Le silicate à haute température garde sa structure après 4 jours dans les conditions de formation du silicate à basse température.

La mesure du degré d'hydratation ne permet pas d'indiquer de part et d'autre de 140° deux hydrates nettement différents. Cette mesure réalisée par perte au feu, après dessiccation à 100°, a donné les résultats suivants :

Silicate formé vers......	130°	135°	140°	150°	180°	190°
H^2O de cristallisation...	0,80	0,76	0,68	0,62	0,46	0,26

résultats qui ne sont pas en désaccord avec ceux de Nagay et Köhler, puisque ceux-ci n'ont opéré que vers 180°-200°.

Chacun de ces deux silicates, quel que soit son degré d'hydratation, présente le même diagramme X. Une déshydratation partielle, à la pression ordinaire, soit par voie thermique, soit par action d'agents déshydratants, n'affecte pas la structure de l'un et l'autre silicate.

En conclusion, on obtient sous pression, par synthèse directe des éléments, avec le rapport CaO à SiO^2 égal à 1, deux silicates monocalciques hydratés, dont les domaines de formation sont l'un au-dessus

de 140°, l'autre au-dessous de 140°; le degré d'hydratation de ces deux silicates dépend de leur température de formation, mais il n'affecte pas leur structure.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les hexaiodotellurates des amines aromatiques et des bases hétérocycliques*. Note de MM. **Tryphon Karantassis** et **Léandre Capatos**, présentée par M. Georges Urbain.

Berzélius a préparé les iodotellurates d'ammonium, de potassium et de sodium.

Wheeler [1] a obtenu ceux de rubidium et de cæsium et montra que le sel de potassium n'existe qu'à l'état d'hydrate de formule $I^4Te, 2IK, 2OH^2$.

A. Gutbier et F. Flury [2] ont fait l'étude systématique des halogénures doubles de tellure et de métaux alcalins ou d'ammoniums substitués, des amines aromatiques et hétérocycliques; ils se sont bornés à l'étude des dérivés chlorés et bromés.

Les iodures doubles de tellure et des amines aromatiques et hétérocycliques n'ont pas encore été décrits; ceux-ci dérivent comme les sels chlorés et bromés de H^2TeX^6, ce sont des hexaiodotellurates. Nous les avons obtenus par mélange des solutions d'iodotellurate de sodium et des chlorhydrates d'amines.

Les solutions d'iodotellurate de sodium utilisées sont obtenues :

a. En dissolvant du tétraiodure de tellure dans une solution concentrée d'iodure de sodium. Cette méthode a l'inconvénient de ne dissoudre qu'une très faible partie du tétraiodure de tellure.

b. En dissolvant le tétraiodure de tellure dans l'acide iodhydrique concentré, puis en neutralisant par la soude. On a ainsi une solution brune limpide.

Nous avons préparé les hexaiodotellurates des bases aromatiques et hétérocycliques suivantes : α et β-naphtylamine, *m*-phénylènediamine, benzidine, dianisidine, pipéridine et cinchonine. Ces complexes sont obtenus à l'état cristallisé. Tous sont anhydres et stables à l'air. Ce sont des poudres cristallines dont la couleur varie du brun au noir, et dont la formule générale, suivant que la base employée est monovalente ou diva-

---

[1] *Z. Anorg. Chem.*, 3, 1893, p. 428.

[2] *Journ. f. prakt. Ch.*, 83, 1911, p. 145-163; *Z. Anorg. Chem.*, 86, 1914, p. 169-195.

lente, est $I^6Te(HB^I)^2$ et $I^6Te(H^2B^{II})$. Tous ces complexes sont hydrolysés par l'eau, avec précipitation de leur base.

Iodotellurate d'α-naphtylamine $I^6Te(\alpha\text{-}C^{10}H^7NH^3)^2$. — Poudre noire cristalline, décomposée par l'eau; la base se sépare.

Analyse : trouvé, Te %, 11,00; I %, 64,40; naphtylamine %, 24,80. Calculé, Te %, 10,83, I %, 64,70; naphtylamine %, 24,20.

Iodotellurate de β-naphtylamine $I^6Te(\beta\text{-}C^{10}H^7NH^3)^2$. — Aiguilles prismatiques noires; dissoutes dans leur eau mère à chaud, elles en recristallisent en longues aiguilles noires, par refroidissement.

Analyse : trouvé, Te %, 10,50; I %, 63,90. Calculé, Te %, 10,83; I %, 64,70.

Iodotellurate de m-phénylène-diamine $I^6Te[m\text{-}C^6H^4(NH^3)^2]$. — A une solution de chlorhydrate de *m*-phénylènediamine on ajoute une solution d'iodotellurate de soude. Il se forme lentement un précipité cristallin. On isole des cristaux vert-noirs à éclat bronzé.

Analyse : trouvé, Te %, 13,20; I %, 76,22. Calculé, Te %, 12,70; I %, 76,40.

Iodotellurate de benzidine $H^2I^6Te\,(NH^2C^6H^4C^6H^4NH^2)$. — Poudre noire formée d'aiguilles prismatiques microscopiques.

Analyse. — Trouvé : Te %, 11,80; I %, 70,95; benzidine %, 17,15. Calculé : Te %, 11,85; I %, 70,83; benzidine %, 17,13.

Iodotellurate de dianisidine. — $H^2I^6Te[C^{12}H^6(OCH^3)^2(NH^2)^2]$. Obtenu par mélange d'une solution d'iodotellurate de sodium et de chlorhydrate de dianisidine; on acidule légèrement avec de l'acide chlorhydrique; il se forme un précipité abondant brun noir. On fait bouillir jusqu'à l'obtention d'une solution brun clair, et en laissant refroidir on obtient des cristaux prismatiques noirs.

Analyse. — Trouvé : Te %, 10,65; dianisidine %, 22,2. Calculé : Te %, 11,23; dianisidine %, 21,5.

Iodotellurate de pipéridine : $I^6Te(C^5H^{10}NH^2)^2$. — Poudre microcristalline noire. Le produit essoré est séché dans l'étuve à 80°.

Analyse. — Trouvé : Te %, 12,9; I %, 72,1. Calculé : Te %, 12,01; I %, 71,7.

Iodotellurate de cinchonine : $H^2I^6Te(C^{19}H^{22}ON^2)$. — Obtenu par mélange d'une solution chlorhydrique de sulfate et d'iodotellurate de soude. Le précipité brun formé essoré est séché dans l'étuve à 80°. On obtient une poudre brune.

Analyse. — Trouvé : Te %, 11,13; I %, 63,9; cinchonine %, 24,5. Calculé : Te %, 10,7; I %, 64,2; cinchonine %, 24,8.

CHIMIE MINÉRALE. — *Recherches sur quelques chlorocarbonates.* Note [1] de MM. **Adrien Perret** et **Joseph Biechler**, présentée par M. Georges Urbain.

Les atomes de chlore présentent assez souvent une aptitude réactionnelle inattendue dans les combinaisons oxychlorées métalloïdiques. Une

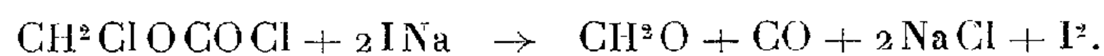
[1] Séance du 2 juin 1936.

propriété qui a retenu notre attention est leur action oxydante [1]. L'analogie existant entre le phosgène et quelques composés de la classe des chlorocarbonates nous a donné l'idée d'examiner systématiquement l'influence des atomes de chlore liés au carbone méthanique sur l'aptitude réactionnelle des molécules de la forme CH^3OCOCl et $(CH^3O)^2CO$. Pour ce dernier composé nous n'avons fait entrer dans le cadre de notre étude que son dérivé perchloré.

Les solutions acétoniques d'iodure de sodium anhydres constituent en règle générale un réactif se prêtant bien au dosage des atomes d'halogène oxydants (*loc. cit.*). L'acétone présente encore l'avantage de dissoudre le bromure de sodium anhydre. Dans ces solutions on observe fréquemment une libération de brome sous l'action des atomes de chlore de molécules oxychlorocarbonées. Ce fait démontre que dans ces composés le chlore possède un potentiel électrochimique voisin de celui du brome moléculaire. Les indications de ce réactif n'ont qu'un caractère qualitatif, car le brome disparaît rapidement par réaction avec l'acétone. La trace durable de son apparition est la brome-acétone formée.

L'aptitude réactionnelle particulière des atomes de chlore des chlorocarbonates choisis a été caractérisée par leur comportement sous l'action de ces deux réactifs.

a. Chlorocarbonate de méthyle monochloré $CH^2ClOCOCl$ [2]. — Avec l'iodure de sodium nous attendions une transformation conforme à l'équation



$$CH^2ClOCOCl + 2INa \rightarrow CH^2O + CO + 2NaCl + I^2.$$

Voici quelques valeurs obtenues :

Durée.	Temp.	Subst.	$I^2(0,1n)$.	Taux de transformation.
	°	g	cm³	°/₀
15 heures..........	20	0,2690	12,1	28
20 heures..........	80 [tube scellé]	0,3950	48,5	79,5
20 × 24 heures.....	20	0,491	53,5	70,5

L'iode libéré est accompagné de l'oxyde de carbone exigé par l'équation ci-dessus, mais on en dose toujours un léger excès provenant d'une réaction parasite. La limitation du rendement a pour cause principale la destruction d'une partie du chlorure d'acide employé par l'acétone.

---

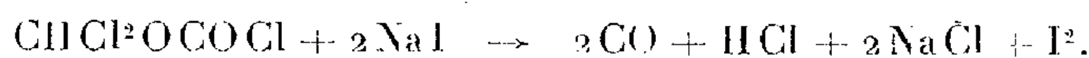
(1) *Bull. Soc. Chim. Fr.*, 5e série, 1, 1934, p. 1531; KLING, FLORENTIN, LASSIEUR et SCHMUTZ, *Annales de Chimie*, 9e série, 13, 1920, p. 45; GRIGNARD, RIVAT et URBAIN, *Annales de Chimie*, 9e série, 13, 1920, p. 234.

(2) A l'analyse ce produit donne 55,1 pour 100 Cl et par gramme sous l'action de KOH 1cm³,5 d'oxyde de carbone. Ce dernier trahit la présence d'une faible teneur en chlorocarbonate de dichlorométhyle.

Avec le bromure de sodium, ce chlorocarbonate ne libère pas de brome. On observe par contre une réaction d'hydrolyse où l'eau provient de la condensation spontanée de l'acétone en oxyde de mésityle.

Le pouvoir oxydant des atomes de chlore de la molécule $CH^2ClOCOCl$ est donc clairement exprimé par son action sur la solution d'iodure de sodium acétonique. On reconnaît ici l'influence de l'atome de chlore lié au carbone méthanique car la molécule CH^3OCOCl ne libère pas d'iode dans ces mêmes conditions.

b. Chlorocarbonate de dichlorométhyle $CHCl^2OCOCl$ (1). — Avec la solution d'iodure de sodium, la réaction est rapide et s'exprime par le schéma :



$$CHCl^2OCOCl + 2NaI \rightarrow 2CO + HCl + 2NaCl + I^2.$$

Voici quelques valeurs obtenues :

Durée.	Température.	Substance.	I^2 0,1 *n*.	CO.	Taux de transform.
1 heure 30 min.....	20°	0g,4870	59,5	...	93 %
4 min	20	0,3690	40,5	..	90,2
15 min. (NaBr)....	20	1,1960		168cm³	52

L'écart entre les valeurs expérimentales et la théorie est dû à la lenteur de la réaction du $CH^2ClOCOCl$ présent dans le mélange. La mesure du volume de l'oxyde de carbone permet de vérifier d'une façon satisfaisante l'équivalence exigée. Nous avons par exemple obtenu au bout de 5 heures pour 0g,3520 un dégagement de 90cm³,5 d'oxyde de carbone (calculé : 89cm³).

Avec le bromure de sodium acétonique, il y a libération immédiate de brome. Le volume de l'oxyde de carbone permet la mesure du rendement.

c. Chlorocarbonate de trichlorométhyle ou de phosgène CCl^3OCOCl. — A la température ordinaire les réactions sont rapides et conformes aux équations :



$$CCl^3OCOCl + 4NaI \rightarrow 2I^2 + 2CO + 4NaCl,$$



$$CCl^3OCOCl + 4NaBr \rightarrow 2Br^2 + 2CO + 4NaCl.$$

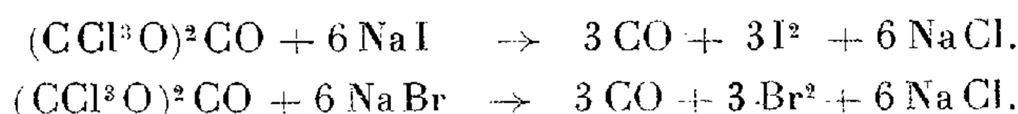
---

(1) L'échantillon employé contenait 63,4 pour 100 Cl et fournissait à l'hydrolyse par KOH 118cm³ d'oxyde de carbone par gramme. Les difficultés de la rectification pour obtenir un produit plus riche nous ont engagés à opérer avec ce mélange contenant 82 pour 100 $CHCl^2OCOCl$ et 18 pour 100 $CH^2ClOCOCl$.

Voici quelques résultats obtenus :

Durée.	Temp.	Subst.	I^2 0,1 *n*	CO en cm³	Taux de transform.
5 minutes........	20°	0g,2210	44cm³,2	–	98,8 %
15 minutes (NaBr).	20°	0g,3660		67	81 %

d. Carbonate de méthyle hexachloré ou triphosgène $(CCl^3O)^2CO$. — A la température ordinaire, les schémas suivants rendent compte de son aptitude réactionnelle :



$$(CCl^3O)^2CO + 6\,NaI \rightarrow 3\,CO + 3I^2 + 6\,NaCl.$$
$$(CCl^3O)^2CO + 6\,NaBr \rightarrow 3\,CO + 3\,Br^2 + 6\,NaCl.$$

La stabilité relativement grande de ce chlorocarbonate a pour effet de permettre à l'hydrolyse d'abaisser le rendement de ces réactions. Voici les résultats de quelques dosages :

Durée.	Température.	Substance.	I^2 0,1 *n*.	CO.	Taux de transformation.
1 heure (NaI)....	20°	0g,1243	20cm³,7	–	84,0 %
1 heure (NaBr)..	20°	0g,7900	–	114cm³	64,5 %

L'ensemble des produits étudiés présente bien avec les solutions de iodure ou de bromure de sodium dans l'acétone une parenté de propriétés avec celles du phosgène qui s'affirme d'autant mieux que le carbone méthanique est plus halogéné.

CHIMIE MINÉRALE. — *Suite de l'étude des systèmes oxalate de zirconyle, oxalates alcalins et eau.* Note (¹) de Mlle **Jeanne Boulanger**, présentée par M. Georges Urbain.

J'ai indiqué dans une précédente Note les résultats obtenus avec les oxalates de potassium, de rubidium et de cæsium.

Dans ce travail j'ai recherché, toujours par la méthode des solubilités à température constante, les combinaisons susceptibles d'être formées par l'oxalate de zirconyle et les oxalates de sodium, d'ammonium et de lithium.

Les compositions centésimales des phases liquides des différents systèmes sont consignées dans le tableau suivant :

(¹) Séance du 8 juin 1936.

39°.		52°.		19°.		39°.		19°.	
COONa – COONa	COO – COO >ZrO	COONa – COONa	COO – COO >ZrO	$COONH^4$ – $COONH^4$	COO – COO >ZrO	$COONH^4$ – $COONH^4$	COO – COO >ZrO	COOLi – COOLi	COO – COO >ZrO
				I.					
4	0	4,40	0	4,33	0	6,95	0	6,06	0
4,20	0,07	4,59	0,20	4,72	0,52	6,90	1,26	6,37	0,81
4,22	0,20	5,13	0,29	5,18	0,72	6,98	1,33	6,66	1,56
4,23	0,41	4,98	0,54	5,25	0,82	6,84	1,35	6,50	1,82
				II.					
4,62	0,66	5,00	0,90	5,39	0,96	6,60	1,40	6,56	2,05
4,80	0,66	5,14	0,99	5,45	1,12	6,43	1,63	6,89	3,41
4,50	0,64	5,19	1,12	5,70	1,30	6,20	1,70	7,15	3,70
				III.					
4,41	0,63	5,20	1,14	6,05	1,74	6,15	1,97	7,42	3,82
4,40	0,60	5,22	1,25	5,70	1,55	5,59	1,90	7,52	4,93
4,29	0,65	5,23	1,31	5,53	1,34	5,46	1,80	7,40	4,95
4,31	0,77	5,34	1,36	5,10	1,25	4,91	1,76	7,70	5,01
4,27	0,72	5,49	1,48	4,70	1,23	4,63	1,70	7,10	5,35
4,21	0,82	5,29	1,40	4,43	1,21	4,61	1,60	6,20	6,00
4,16	0,93	5,15	1,29	3,05	0,8	3,95	1,45	5,63	6,91
3,95	0,99	5,00	1,30	gels infiltrables		2,32	1,15	4,20	7,72
				IV.					
3,67	1,31	4,94	1,72	gels infiltrables		gels		3,53	8,24
3,30	1,15	3,86	1,50	–	–	–	–	solutions	
gels		gels		–	–	–	–	hydrolysées	

Les mélanges oxalate de zirconyle, oxalate de sodium et eau ont été étudiés à 19°, 39° et 52°.

A des températures supérieures il y a formation de gels.

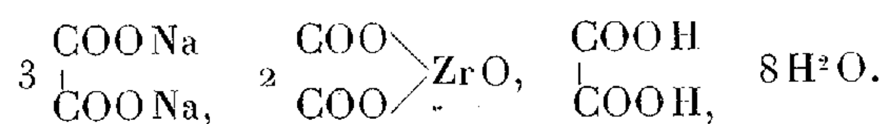
A 19° la solubilité de l'oxalate de zirconyle est très faible et varie peu (0,4 à 0,5 pour 100).

A 39° et 52° les courbes de solubilité sont analogues et présentent quatre branches, ce qui indique la formation probable de deux combinaisons.

Les phases solides correspondant aux branches II et III sont toutes constituées par des mélanges oxalates de zirconyle, oxalate de sodium. Il n'y a pas trace d'autres cristaux.

Mais, au bout d'un mois environ, dans quelques mélanges relatifs aux branches III des courbes et à 19° prennent naissance de petits prismes monocliniques que l'on peut isoler facilement.

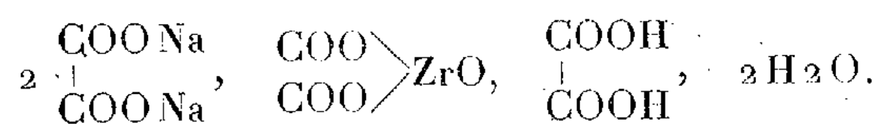
L'analyse directe a permis de leur attribuer la formule suivante :



Ce n'est pas le sel double prévu, oxalate de zirconyle, oxalate de sodium, mais un produit d'hydrolyse.

Dans les conditions de l'expérience il ne se forme pas d'autres combinaisons.

Mais, par évaporation des solutions d'oxalate acide de sodium saturées de zircone, il se dépose à 19° des cristaux ayant pour composition

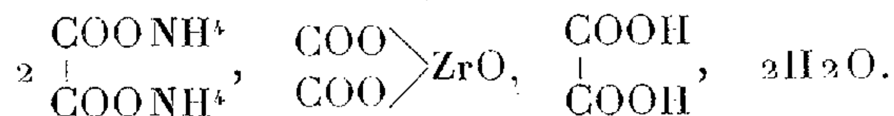


Ils sont analogues à ceux obtenus avec les oxalates de potassium, rubidium et cæsium.

Les mélanges oxalate de zirconyle, oxalate d'ammonium et eau ont été étudiés à 19° et 39°. Déjà à ces températures il se forme des gels.

Les courbes de solubilité présentent toutes deux trois branches. Il y a donc formation probable d'une combinaison qui ne cristallise pas.

Par concentration des phases liquides à 19° on obtient un sel répondant à la formule



C'est le sel, aux molécules d'eau près, déjà signalé par Paykull, Maudl, Venable et Baskerville. Il peut être obtenu également par saturation de l'oxalate acide d'ammonium par la zircone et évaporation à 19°.

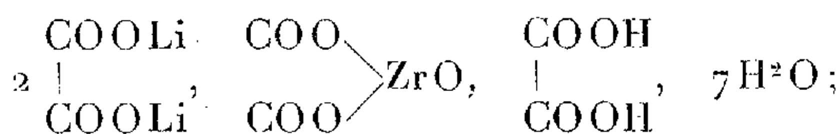
Le système oxalate de zirconyle, oxalate de lithium et eau n'a pu être étudié qu'à 19°, car, dès cette température, il se forme des gels difficilement filtrables.

Les solutions pauvres en oxalate de lithium s'hydrolysent fortement.

La courbe de solubilité présente trois branches.

La combinaison prévue n'a pas été retrouvée dans les phases solides et n'a pu être isolée par évaporation des phases liquides.

Par concentration des solutions d'oxalate acide de lithium saturées de zircone il se dépose de gros cristaux ayant la composition suivante :



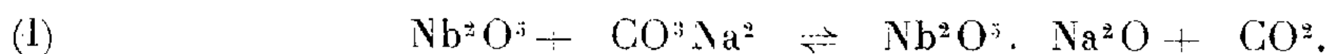
en résumé, je n'ai pas pu obtenir de combinaisons moléculaires oxalate de zirconyle, oxalates alcalins et eau. L'oxalate de zirconyle s'hydrolyse à la longue et les composés qui prennent naissance sont formés par l'association de l'oxalate de zirconyle avec l'oxalate alcalin, l'acide oxalique et l'eau.

CHIMIE MINÉRALE. — *Équilibre thermique entre* Nb^2O^5, CO^3Na^2, CO^2. Note de M. **Pierre Süe**, présentée par M. Georges Urbain.

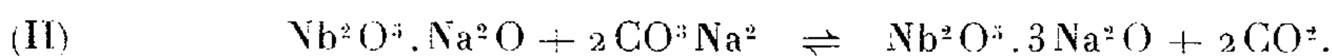
J'ai montré (1) que les réactions entre Nb^2O^5 et CO^3Na^2 s'interprétaient aisément par la mesure du volume de CO^2 formé au cours de la transformation. Le métaniobate $Nb^2O^5.Na^2O$ et l'orthoniobate $Nb^2O^5.3Na^2O$ ont été ainsi préparés, et ce dernier sel, isolé pour la première fois, a été utilisé dans différentes études (2).

Si maintenant le gaz formé est laissé dans le système, un équilibre s'établit pour une certaine température. En connaissant ces tensions à l'équilibre nous pourrons pénétrer plus intimement le mécanisme de la formation des niobates, et déduire, d'après les relations thermodynamiques, les quantités de chaleur mises en jeu.

Généralités sur ces équilibres. — J'ai étudié les deux systèmes :



(I) $$Nb^2O^5 + CO^3Na^2 \rightleftharpoons Nb^2O^5.Na^2O + CO^2,$$



(II) $$Nb^2O^5.Na^2O + 2CO^3Na^2 \rightleftharpoons Nb^2O^5.3Na^2O + 2CO^2.$$

Ils sont monovariants tant que la fusion n'est pas atteinte. Cette condition fut réalisée dans nos essais en ne dépassant pas la température de 820° (CO^3Na^2, F = 850°). Ces deux équilibres sont de nature totalement différente; les tensions de CO^2 pour l'orthoniobate (II) se mesurent facilement dans les deux sens de la réaction, alors qu'avec le métaniobate (I) la détermination n'est possible qu'à partir de $Nb^2O^5 + CO^3Na^2$. Ces équations considérées dans le sens de la droite vers la gauche rappellent le cas classique $CO^3Ca \rightleftharpoons CaO + CO^2$. Par contre, dans le sens de la gauche vers la droite, de sérieuses complications apparaissent, car les réactions se passent entre deux constituants solides et la grosseur des grains, l'état du mélange et surtout la vitesse de diffusion des composés entre eux ont alors des influences prépondérantes. De plus la formation de solutions

(1) *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 1696.

(2) Pierre Süe, *Comptes rendus*, **200**, 1935, p. 1326 et 1739.

solides (II), augmentant la variance, oblige à maintenir les rapports des phases de l'équation (II).

Alors que la technique des équilibres est souvent si féconde dans la détermination des termes transitoires, on ne peut envisager, en raison des difficultés exposées plus haut, la séparation quantitative des niobates susceptibles de se former. Les études portant sur des composés connus sont par suite les seules possibles.

Étude du système $Nb^2O^5 + CO^3Na^2$ (I). — Utilisant la méthode statique, j'ai mesuré les pressions d'équilibre du CO^2 avec un manomètre à mercure. La constance de la température est obtenue à $\pm 2°$ par un régulateur. Le Nb^2O^5 calciné, et le CO^3Na^2 bien sec, sont passés au tamis 120, puis intimement mélangés et comprimés en petits morceaux pour faciliter la diffusion.

Tous nos essais en ce qui concerne le sens de l'absorption de CO^2 se sont montrés infructueux. En effet, pour des tensions voisines de l'équilibre, atteintes après des durées de chauffage considérables, aucune chute de pression ne se produit par abaissement de la température ou par adjonction de CO^2.

Cependant deux essais obligatoirement interrompus montrèrent que la réabsorption du CO^2 était possible. En particulier, dans une expérience à 485°, une pression de 121^{cm} de mercure est atteinte après 184 heures de chauffage. Après un arrêt de 44 jours, à la température ambiante, la pression qui n'est plus que de 8^{cm}, indique que le CO^2 a presque entièrement été fixé. D'après ces données, la réversibilité peut être admise, mais les vitesses des deux réactions inverses sont totalement différentes, et la combinaison du CO^2 paraît dépendre de certains facteurs encore indéterminés.

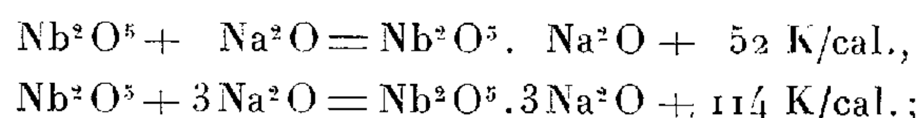
Aussi les mesures furent effectuées uniquement à partir de $Nb^2O^5 + CO^3Na^2$. Comme après des chauffages de 1 mois et plus, les tensions fixes ne sont pas toujours atteintes, la courbe (pression, température) est extrapolée, ce qui permet d'obtenir une valeur approchée. La chaleur de la réaction, calculée à partir de la formule de Nernst, donne pour la moyenne de quatre mesures un ordre de grandeur de 25 K/cal.

Étude du système $Nb^2O^5.Na^2O + 2CO^3Na^2$ (II). — L'équilibre qui prend naissance est très différent du précédent. Les tensions fixes du CO^2 sont très rapidement atteintes, et les mesures peuvent être contrôlées dans les deux sens de la réaction (montée et descente de la température).

L'expérience montre qu'il importe surtout de partir de métaniobate exempt de Nb^2O^5, dont la présence hausserait les pressions en redonnant

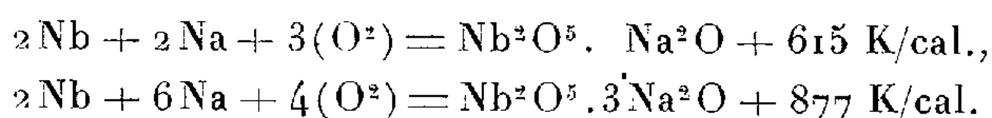
ce niobate avec les deux molécules de CO^3Na^2. D'autre part, il ne faut pas changer le rapport des phases présentes, car les solutions solides formées modifient les tensions qui ne sont plus reproductibles. La moyenne de 14 mesures effectuées, donne $Q = 91{,}3$ K/cal. à partir de $2^g{,}15$ de mélange (écarts extrêmes : 2,6 K/cal.). Dans un autre essai sur $4^g{,}29$, la moyenne sur 9 déterminations est de $Q = 91{,}5$ K/cal. (écarts extrêmes : 1,4 K/cal.).

Les relations thermochimiques suivantes se déduisent des deux chaleurs de réaction trouvées expérimentalement (25 K/cal. pour le métaniobate et 91,5 K/cal. pour l'orthoniobate) :



$$Nb^2O^5 + Na^2O = Nb^2O^5.\ Na^2O + 52\ \text{K/cal.},$$
$$Nb^2O^5 + 3Na^2O = Nb^2O^5.3Na^2O + 114\ \text{K/cal.};$$

soit, en exprimant la chaleur de formation à partir des éléments,



$$2Nb + 2Na + 3(O^2) = Nb^2O^5.\ Na^2O + 615\ \text{K/cal.},$$
$$2Nb + 6Na + 4(O^2) = Nb^2O^5.3Na^2O + 877\ \text{K/cal.}$$

CHIMIE ORGANIQUE. — *Oxydation du cyclohexène par l'eau oxygénée.* Note de MM. **Georges Dupont** et **Raymond Dulou**, présentée par M. Robert Lespieau.

Recherchant un moyen de dégradation des cycles non saturés plus satisfaisant que l'action de l'ozone ou du permanganate, notre attention a été attirée par un travail de Criege [1] signalant l'action catalytique du peroxyde d'osmium sur l'oxydation de certains corps non saturés, par l'eau oxygénée en solution dans l'éther en milieu anhydre. Cette oxydation conduit, d'après l'auteur, à l'ouverture de la double liaison avec apparition de fonctions aldéhydiques.

Nous avons cherché à appliquer cette méthode au cyclohexène.

A notre assez vif étonnement, en milieu éthéré, le cyclohexène n'est que faiblement touché, mais l'oxygène actif de l'eau oxygénée est fixé par le solvant.

A 5^g ($0^m{,}06$) de cyclohexène dissous dans 100^g d'éther anhydre en présence de 15^g de sulfate de sodium sec, on a ajouté 4^{cm^3} d'une solution éthérée, à 1 pour 100, de OsO^4 puis, progressivement, 70^{cm^3} d'une solution éthérée de $H^2O^2.4{,}5N$ (soit $0^m{,}32$). La réaction se produit, caractérisée par une ébullition douce de l'éther et l'apparition

(1) *Lieb. Ann.*, **522**, 1936, p. 75.

d'une coloration brune due à un complexe osmique, coloration qui disparaît à chaque nouvelle addition d'eau oxygénée. Du produit finalement obtenu, qui ne contient sensiblement plus d'eau oxygénée, on a pu retirer, à côté de la majeure partie du cyclohexène non attaqué, de l'aldéhyde, de l'acide acétique et divers autres produits provenant de l'oxydation du solvant.

Dans une nouvelle opération, sur 1^g ($0^m,01$) de cyclohexène dissous dans 12^g d'éther, avec $0^g,01$ de OsO^4 et 20^g de sulfate de soude anhydre, on a versé 15^{cm^3} ($0^m,10$) de perhydrol du commerce à 100 vol. On a pu constater la présence, dans l'éther, d'une forte proportion de peroxyde d'éther (par dosage à l'iodure de potassium) tandis que, dans un essai parallèle, sans catalyseur, l'eau oxygénée restait inattaquée. La décomposition assez rapide de ce peroxyde explique la formation d'aldéhyde et d'acide acétiques.

Cette réaction n'est pas spéciale, d'ailleurs, au cyclohexène : avec le camphène nous avons également obtenu une vive réaction qui a porté sur le solvant puisque nous avons finalement retrouvé le camphène inaltéré. Elle n'est cependant pas générale et avec le nopinène, par exemple, l'oxydation en milieu éthéré anhydre (3^m pour une de carbure) conduit, par une réaction relativement lente, à une oxydation à peu près complète du carbure donnant naissance surtout à de la nopinone (semicarbazone F. à 183°) et à du nopinène-glycol (F. à 51°; mélange probable de *cis* et *trans*).

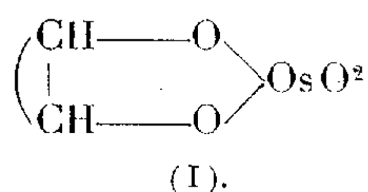
En revanche, dans nombre de solvants autres que l'éther et généralement plus oxydables, le cyclohexène est oxydé vivement par le perhydrol en présence de peroxyde d'osmium.

C'est ainsi que, dans les alcools méthylique, éthylique et butylique, ainsi que dans le benzol, en présence d'assez de sulfate de soude sec pour absorber l'eau libérée, le perhydrol oxyde très vivement le cyclohexène et n'attaque que faiblement le solvant.

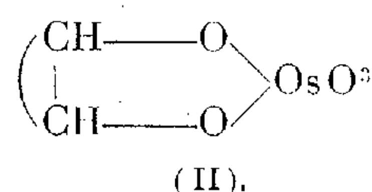
L'oxydation conduit ici, avec de bons rendements, à du cyclohexanediol (mélange de *cis* et *trans*, fondant à 88°) et à de l'acide adipique (F. à 146°).

En résumé, l'eau oxygénée, réagissant sur le cyclohexène en présence de peroxyde d'osmium, donne naissance à un complexe oxydant qui, suivant le cas, pourra agir, soit sur le solvant, soit sur le cyclohexène lui-même.

Le mécanisme paraît être le suivant : d'après Criege, le peroxyde d'osmium, se fixant sur une double liaison, donne une combinaison de couleur brune qui peut être représentée par la formule (I). Cette combinaison est capable de fixer l'oxygène de l'eau oxygénée en donnant un peroxyde (II)



(I).



(II).

Cette combinaison (II) peut, soit comme dans les cas étudiés par Criege, s'ouvrir spontanément en donnant une dialdéhyde (oxydable en diacide), soit jouer le rôle d'oxydant vis-à-vis du solvant (éther) ou vis-à-vis d'une nouvelle molécule de cyclohexène, soit enfin, par l'action de l'eau, donner un glycol en régénérant OsO^4.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Sur la déshydratation de la brucite.* Note de M. **Jules Garrido.**

Les cristaux de brucite $Mg(OH)^2$ possèdent la propriété signalée par Aminoff (¹) de se déshydrater sans que la régularité de l'édifice cristallin soit complètement détruite. Büssem et Köberich (²) et West (³) ont étudié aux rayons X les produits de la déshydratation de la brucite et déterminé quelques relations d'orientation entre les cristaux de MgO formés et le réseau de $Mg(OH)^2$ primitif.

Nous avons repris la question en étudiant l'édifice cristallin aux stades successifs de déshydratation, au moyen de la méthode du cristal tournant et de la méthode de Weissenberg.

Déshydratation à 500°. — Un petit cristal de brucite du Texas (contenant 1 pour 100 de Mn) d'environ 1^{mg}, est chauffé à 500° pendant des temps variables. La courbe perte de poids-température est régulière. La substance perd toute son eau au bout de 20 minutes. Les premiers cristaux MgO formés sont orientés de sorte que leurs axes [111] et [110] coïncident respectivement avec les axes [0001] et $[10\bar{1}0]$ du cristal de brucite primitif. Ces deux conditions ne suffisent pas pour fixer l'orientation, il faut ajouter que les axes [100], [010] [001] du cristal MgO ont la même orientation que les liaisons Mg — OH dans la brucite.

Quand environ la moitié de l'eau est partie, les diagrammes montrent l'existence de cristaux MgO avec une orientation différente qui peut être déduite de la précédente en tournant de 180° autour de l'axe [111].

Quand la perte d'eau est de $0^{mol},75$, la brucite résiduelle n'est plus décelable par les diagrammes.

(¹) *Géol. Fören. Stockolm Förhan.*, **41**, 1919, p. 407.
(²) *Zeit. physik. Chem.*, (B), **17**, 1932, p. 310.
(³) *Amer. Min.*, **19**, 1934, p. 281.

Après déshydratation complète, le cristal primitif dont la forme extérieure se conserve, s'est transformé en un agrégat de petits cristaux avec les deux orientations décrites précédemment, la première orientation étant nettement la plus fréquente. Ces orientations ne sont pas fixées d'une façon absolue : elles comportent des fluctuations qui atteignent 10° autour de [111].

Nous n'avons pas observé de changement dans cet édifice cristallin par chauffage à 500° pendant 10 heures.

Déshydratation à 700°. — A 700° les phénomènes sont les mêmes sauf que la déshydratation est plus rapide, quand elle est complète, on observe l'apparition de spectres supplémentaires très faibles correspondant aux plans [111] avec un espacement double. Ils ne peuvent plus être expliqués avec la maille du cristal MgO cubique et nous indiquent un certain changement dans la stucture. Ces spectres qui constituent la seule différence avec les diagrammes de la déshydratation à 500°, ne disparaissent pas si l'on prolonge la durée du chauffage.

Nous avons retrouvé les mêmes spectres supplémentaires dans les cristaux déshydratés à 1000° et 1100°, tandis qu'un petit cristal chauffé 10 minutes dans un four à induction ne les présente pas.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Étude cristallographique de quelques dérivés de l'acide tartrique.* Note de MM. **Jean Wyart** et **Yeu Ki-Heng**.

Nous avons déterminé les constantes cristallographiques de quelques dérivés de l'acide tartrique droit en utilisant principalement la méthode dite du cristal tournant avec le rayonnement XK_α du cuivre.

1° La *tartramide* $CONH^2 - CHOH - CHOH - CONH^2$, du système orthorhombique, a pour maille un prisme rectangulaire d'arêtes :

$$a = 10{,}0\,\text{Å}, \qquad b = 12{,}2\,\text{Å}, \qquad c = 4{,}90\,\text{Å}.$$

Cette maille renferme 4^{mol} (densité mesurée 1,625, densité calculée 1,634). Il n'apparaît dans les diagrammes de rayons X aucune disparition systématique des taches de diffraction. Le groupe de symétrie est donc V_4 ou 222; la molécule ne posséde dans l'assemblage aucun élément de symétrie.

2° L'*acide tartramique* $CO^2H - CHOH - CHOH - CONH^2$ cristallise

en prismes orthorhombiques avec pour rapports des axes, d'après Jäger [1],

$$a : b : c = 0,7352 : 1 : 0,7393.$$

Les rayons X indiquent que la maille cristalline est un prisme rectangulaire d'arêtes :

$$a = 12,30\,\text{Å}, \qquad b = 7,96\,\text{Å}, \qquad c = 6,00\,\text{Å}.$$

Elle renferme 4^{mol} (densité calculée 1,675).

Les taches de diffraction ($p00$) n'existent que si p est pair, ce qui indique des axes binaires hélicoïdaux parallèles à la direction [100]. Le groupe de symétrie est V_2 ou $2_1 22$. La molécule ne possède dans le cristal aucun élément de symétrie.

3° *Le tartrate de méthyle* $CO^2CH^3 - CHOH - CHOH - CO^2CH^3$ se présente sous forme d'octaèdre orthorhombique (111), de densité 1,492. La maille est encore un prisme rectangulaire de dimensions

$$a = 18,50\,\text{Å}, \qquad b = 10,00\,\text{Å}, \qquad c = 8,45\,\text{Å}.$$

Elle renferme 8^{mol} (densité calculée 1,503).

Le groupe de symétrie est $V_2(222_1)$.

4° Le *borotartrate de potassium*



$$[(CO^2H - CHOH - CHO - CO^2)^2B]K.H^2O,$$

préparé pour la première fois par Lowry [2], est orthorhombique; il a pour densité 1,794. La maille élémentaire est également un prisme rectangulaire d'arêtes :

$$a = 4,88\,\text{Å}, \qquad b = 18,00\,\text{Å}, \qquad c = 7,65\,\text{Å}.$$

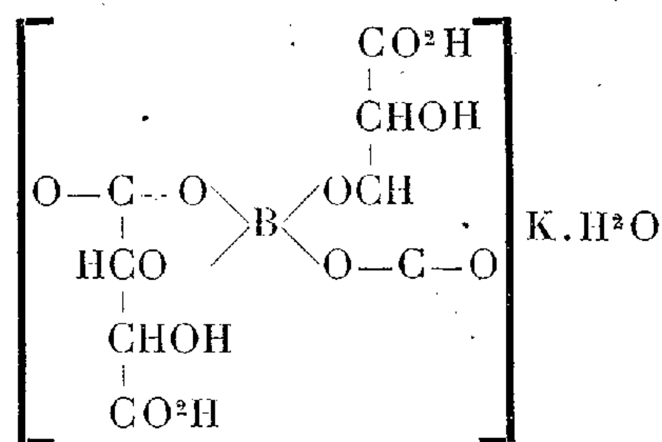
Avec 2^{mol} par maille, la densité calculée 1,78 est en bon accord avec la densité mesurée. Les diagrammes de rayons X sont caractérisés par l'absence des taches de diffraction ($0q0$) où q est impair, révélant ainsi des axes binaires hélicoïdaux parallèles à la direction [010] du grand paramètre; le groupe de symétrie est encore $V_2 2 2_1 2$. La molécule possède un

---

(1) *Recueil des Travaux chimiques des Pays-Bas*, **37**, 1918, p. 45.

(2) *J. Chem. Soc.*, **131**, 1929, p. 2853.

axe de symétrie binaire. Le schéma moléculaire proposé par Lowry



est compatible avec l'existence d'un tel axe binaire passant par l'atome de bore; ces atomes de bore, entourés chacun par quatre atomes d'oxygène, sont sur les deux axes binaires du réseau; il en est de même des ions $\overset{+}{K}$ et des molécules H^2O. La direction d'allongement de la molécule est celle du grand axe [010].

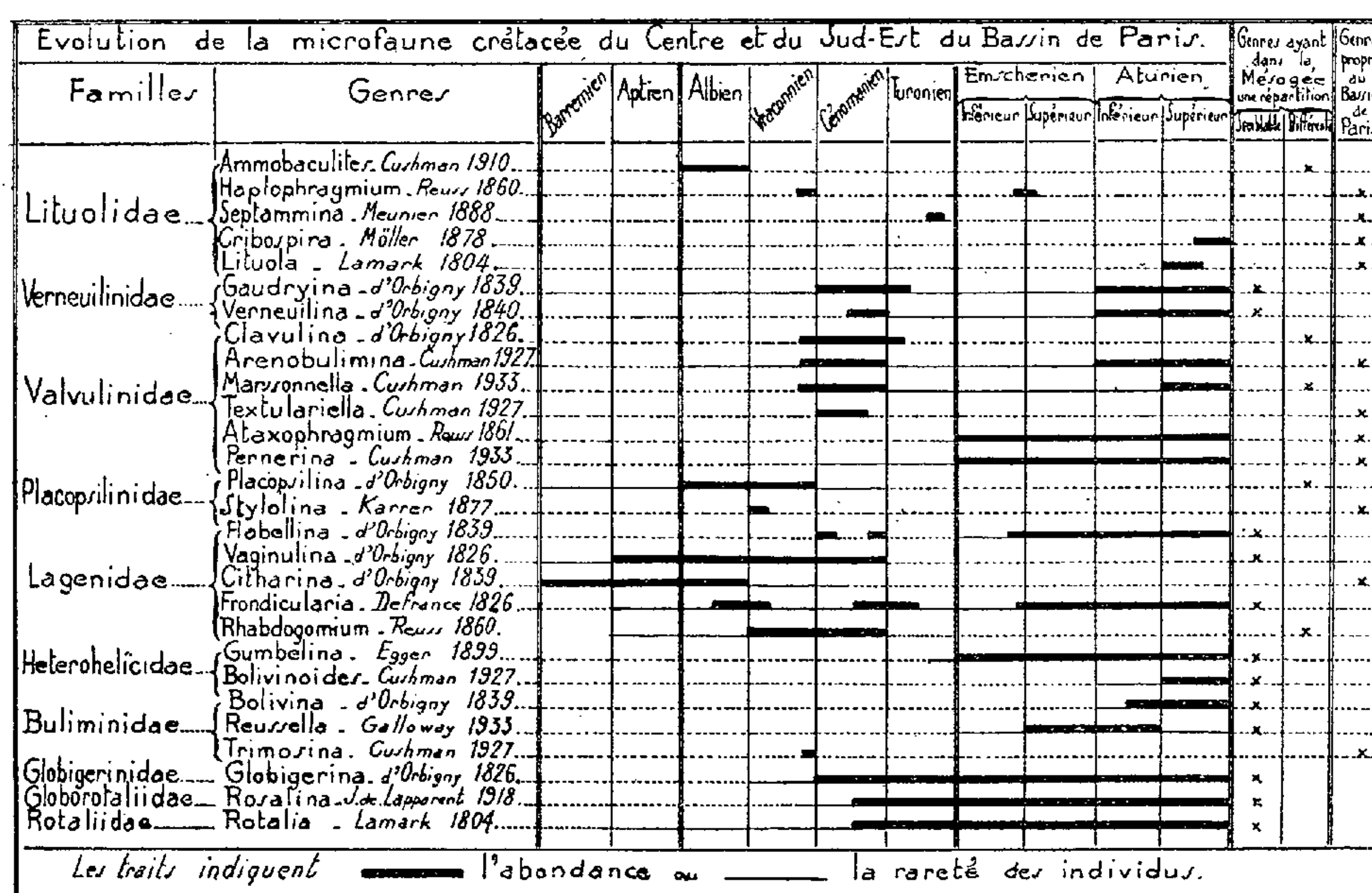
L'étude comparative de ces quatre dérivés de l'acide tartrique fait ressortir des relations étroites dans les grandeurs des pararamètres (les trois paramètres de la tartramide se retrouvent dans les trois autres composés), des symétries comparables qui résultent d'un arrangement semblable des molécules dans ces différents édifices cristallins. Une telle étude facilitera la détermination de l'arrangement des atomes dans ces molécules tartriques.

GÉOLOGIE. — *Sur la Microfaune crétacée du sud-est du Bassin de Paris.* Note de M. **Pierre Marie**, présentée par M. Henri Douvillé.

Les recherches que j'ai entreprises depuis quelques mois sur les Foraminifères du centre et du sud-est du Bassin de Paris m'ont permis d'y établir une échelle stratigraphique assez précise qui se trouve résumée dans le tableau ci-joint, où j'ai indiqué les genres les plus importants [1]. Les échantillons étudiés proviennent des départements de l'Aube, de l'Yonne et de la Seine. L'étude détaillée des nombreuses espèces rencontrées fera l'objet de Mémoires ultérieurs. Ce tableau donnera cependant d'ores et

(1) La classification adoptée est celle exposée par M. J. Cushman dans *Foraminifera* (Sharon, 1933, U.S.A.).

déjà des indications suffisantes pour faciliter aux géologues l'étude des formations crétacées; il permet de constater que chaque étage est caractérisé par une association faunistique spéciale.



Certains genres ou espèces semblent avoir une valeur stratigraphique plus grande et peuvent servir à caractériser les différents étages :

Au Barrémien, *Citharina reticulata*, Cornuel, possède une ornementation généralisée, formée de très nombreuses petites stries, parallèles au côté droit du têt et n'affectant que le flanc des loges.

A l'Aptien, on rencontre une mutation de cette espèce, qui présente une ornementation supplémentaire généralisée, composée de rides continues, d'égal relief, traversant aussi bien les loges que les sutures.

A l'Albien, l'ornementation primitive s'estompe, tandis que les rides secondaires diminuent en nombre mais augmentent notablement en relief.

Au Cénomanien, cette espèce, en voie d'extinction, perd toute ornementation, mais l'étage peut cependant être caractérisé par l'association : *Placopsilina cenomana* d'Orb., *Arenobulimina d'Orbignyi* Rss., *Frondicularia Ungeri* Rss., *Rosalina appennica* Renz; auxquels viennent s'ajouter dans la zone inférieure : *Gaudryina filiformis* Berth., *Tritaxia pyramidata* Rss. et *Textulariella cretosa* d'Orb. et dans la zone supérieure *Verneuilina polystropha* Rss., *Flabellina ornata* Rss., *Eponides nitida* Rss.

Au Turonien, la plupart des genres apparus avant le Cénomanien disparaissent à

l'exception des *Gaudryina, Arenobulimina, Flabellina, Frondicularia* et *Rotalia* qui persistent jusqu'au sommet du Sénonien. L'association *Frondicularia verneuiliana* d'Orb., *Fr. archiaciana* d'Orb., *Rosalina appenica-Linnei* Renz, caractérise assez nettement cet étage.

A l'Emschérien, *Flabellina rugosa* d'Orb., *Ataxophragmium variabile* d'Orb., *Rosalina Linnei* d'Orb. et *Reussella* sp. apparaissent dès la base.

A l'Aturien, on voit se développer *Rotalia excolata* Cush., *Bolivinoïdes dracco* Marss., *Bolivinita elevi* Cush., auxquels s'ajoutent à la base de l'Aturien supérieur : *Lituola nautiloidea* Lamark et *Cribrospira grande* Rss. au sommet.

Certaines espèces ayant une extension verticale réduite forment des horizons repères. Ainsi on peut citer :

A la base des marnes de Brienne (Vraconnien, s. lat.) : *Stylelina* sp.

A leur sommet : *Trimosina* sp. et *Haplophragmium equale* Roemer.

Au sommet du Cénomanien : *Flabellina ornata* Reuss.

Au sommet du Turonien moyen : *Septammina* sp.

A l'Emscherien moyen : *Haplophragmium irregulare* Rss.

A l'Aturien supérieur : *Lituola nautiloidea* Lam. et *Cribrospira grande* Rss.

En comparant la microfaune du Bassin de Paris à celle des autres bassins européens, nous voyons qu'au Crétacé inférieur elle est très analogue à celle observée par Reuss et A. Franke en Angleterre, Allemagne septentrionale et Bohème et diffère de celle des régions mésogéennes où les genres *Citharina* et *Rhabdogonium* n'ont pas été observés.

Au Crétacé moyen, un échange de faune se produit : *Vaginulina* et *Rhabdogonium* émigrent dans la Mésogée, tandis que *Rosalina* et *Globigerina* débutent à la même époque et par les mêmes espèces dans les deux bassins [1].

Au cours du Sénonien des échanges se produisent encore à l'Emschérien, tandis que des différences s'accusent au début de l'Aturien où les faunes des deux bassins sont très nettement différenciées. Ainsi les mutations de *Rosalina Linnei* d'Orb. et *R. Stuarti* J. de L. qui pullulaient dans le bassin méditerranéen [2] de même que *Pseudotextularia* et *Planoglobulina* ne semblent pas avoir jamais pénétré dans les bassins septentrionnaux; par contre, certains genres propres au Bassin de Paris comme *Lituola*, *Cribrospira* et *Septammina* s'y développent et ne semblent pas émigrer plus au Sud.

---

(1) P. Marie, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 145.

(2) P. Marie, *C. R. Som. S. G. F.*, 8, 1936, p. 135-137.

En résumé, nous voyons que la microfaune crétacée du Bassin parisien est analogue à celles des divers bassins situés au nord du géosynclinal alpin et aussi pendant le Crétacé moyen à celle des régions mésogéennes, ce que l'on peut attribuer aux facilités de communications créées entre les divers bassins par la transgression cénomanienne.

GÉOCHIMIE. — *Sur la radioactivité de quelques sources sauvages de la Kabylie de Collo (département de Constantine, Algérie).* Note de M. **Marcel Roubault**, présentée par M. Georges Urbain.

Au cours d'études géologiques dans la Kabylie de Collo (1), j'ai mesuré la radioactivité de quelques sources, situées soit dans le massif de granite monzonitique qui constitue la partie septentrionale de ce pays (granite du Nord), soit dans les schistes éocènes qui bordent ce granite, soit enfin dans le massif granitique des Beni-Toufout.

Ces déterminations ont été faites par la méthode d'agitation à l'aide d'un électroscope de Chéneveau-Laborde et en suivant les indications qui m'ont été données au laboratoire d'Hydrologie du Collège de France par MM. Lepape et Geslin (2). Les opérations ont été conduites de façon à avoir un volume d'air sensiblement égal au volume d'eau prélevé; le volume d'eau de chaque prise était de 1 l. environ. Le coefficient d'étalonnage adopté, établi par comparaison avec l'électroscope et l'oxyde d'uranium étalonnés de M. Lepape, est $K = 22,02 \times 1,027$ mμ Curie.

Huit sources ont été examinées ; les résultats obtenus sont les suivants :

Hellalah [source située en contrebas du bordj de la commune mixte, $H = 700^m$, 30,5-35,5 (3)].

Date et heure du prélèvement, 8 septembre 1933, 14^h 05.

Température au griffon, $t = 12°,4$.

Radon en mμ Curie par litre, $R_n = 1,8$.

Aïn Arboula ($H = 750^m$, 30-35,5).

9 septembre 1933 à 16^h 45, $t = 10°$, $R_n = 13,0$.

(1) *La Kabylie de Collo, Étude géologique* (*Bull. Serv. Carte Géol. Algérie*, 2e série, Descriptions régionales, n° **10**, un vol. in-8°, 272 p., 56 pl. ph., 1 pl. coupes, 1 carte, Alger et Paris), Thèse 1935.

(2) Marcel Geslin et D. Chahnazaroff, *Annales Guébhard-Séverine*, p. 311-351, 9e année, Neufchâtel, 1933.

(3) Coordonnées kilométriques se rapportant à la carte au 1/100000 in 1.

Laouinet (source située à 150^m environ au nord de la maison forestière, sur le sentier qui se dirige vers les Ouled Bou Saïd, H = 700^m, 23,5-25).
7 septembre 1933 à 9^h 50, $t = 12°,2$, $R_n = 20,9$.

Source à 500^m nord-est du Djebel Goufi (H = 800^m, 35-26,5).
15 septembre 1933 à 16^h 10, $t = 11°,2$, $R_n = 1,8$.

Bessombourg (source située environ à mi-chemin entre le Col de Terras et le village, en contrebas de la route, près du captage, H = 700^m, 34,5-28,5).
16 septembre 1933 à 9^h 20, $t = 13°,3$, $R_n = 1,6$.

Aïn el Barda (H = 675^m, 36-10,5).
5 octobre 1933 à 17^h, $t = 14°$, $R_n = 1,2$.

Aïn el Ksar (captage de la maison forestière, H = 720^m, 36-14,5).
9 octobre 1933 à 13^h 50, $t = 12°,8$, $R_n = 7,2$.

Aïn el Ksar (source sur le bord de la route à 200^m environ au nord de la maison forestière, H = 720^m, 36-14,7).
10 octobre 1933 à 8^h 10, $t = 13°$, $R_n = 5,7$.

Parmi cette série de huit sources, *toutes froides*, celles du Djebel Goufi et de Bessombourg sont dans les schistes éocènes; les autres sourdent en pleine masse granitique et il est intéressant de remarquer que les seules sources ayant montré une radioactivité notable appartiennent à cette dernière catégorie. Ce sont des sources de fracture, situées très près de la crête topographique et à une altitude élevée. Cette position assez paradoxale est fréquente dans les zones granitiques de la Kabylie de Collo; dans ces zones, en particulier sur le versant nord de la presqu'île du Cap Bougaroun (*loc. cit.*, p. 20) les points d'eau importants sont localisés dans le haut du massif. A Aïn Arboula ($t = 10°$), située au bord d'un filon de rhyolite, on observe un bouillonnement et le courant d'eau qui jaillit du granite pour constituer la source est nettement ascendant.

Enfin la source de Laouinet ($t = 12°,2$, $R_n = 20,9$ mμC), également très proche de la crête, est dans une zone où les filonnets de tourmaline et de quartz (*loc. cit.*, p. 136) sont particulièrement nombreux.

SISMOLOGIE. — *Sur les séismes à foyer anormalement profond.* Note [1] de M. **Charles Bois**, présentée par M. Charles Maurain.

L'existence de séismes à grande profondeur focale semble avoir été établie pour la première fois par Turner [2]. Les travaux de cet auteur

---

[1] Séance du 29 juin 1936.
[2] H. H. Turner, *M. N. R. A. S. Geoph. Suppl.*, 1, London, 1922, p. 1.

reposent sur une hypothèse assez constestable; toutefois diverses recherches effectuées au cours de ces dernières années semblent bien montrer que certains tremblements de terre prennent naissance à de grandes profondeurs. Trois méthodes principales ont été proposées pour la détermination de la profondeur focale des séismes en question.

1° *Isolignes* S — P (¹). — On reporte sur une carte les valeurs de la différence S — P obtenues pour les stations rapprochées; on trace ensuite les isolignes correspondant à une série de valeurs de cette différence (de 10 en 10 secondes, par exemple). De l'écartement de ces isolignes, on peut déduire la profondeur du foyer (distances épicentrales de 1000^{km} au plus).

2° *Ondes réfléchies au voisinage de l'épicentre* (²). — Lorsque le foyer est profond, à partir d'une certaine distance épicentrale, on observe sur les séismogrammes des phases supplémentaires : pP, sS, sS, pPP, ..., qui ont subi une réflexion au voisinage de l'épicentre. Divers auteurs (³) ont dressé des tables et tracé des hodocrones fournissant les durées de propagation de ces phases et des phases classiques pour diverses profondeurs focales : ces tables et ces courbes permettent de déterminer la profondeur du foyer des séismes éloignés (3000^{km} et au delà).

3° *Phases* PcP *et* ScS (⁴). — Les ondes PcP et ScS, réfléchies à la surface du noyau, peu visibles sur les inscriptions des séismes normaux apparaissent très nettement sur les séismogrammes relatifs aux tremblements de terre à foyer profond, pour des distances épicentrales allant jusqu'à 3000 ou 4000^{km}.

Il m'a paru intéressant : 1° d'étudier les inscriptions de Strasbourg à l'aide des tables de Wadati en m'appuyant sur les phases provenant de réflexions au voisinage de l'épicentre, définies par Scrase; 2° de comparer les résultats avec ceux qu'ont obtenus divers auteurs à l'aide d'autres inscriptions et en utilisant des méthodes différentes. L'étude systématique des séismogrammes de Strasbourg a porté sur la période 1923-1934, pour des distances comprises entre 3000 et 11000^{km}; 57 séismes paraissent avoir une profondeur focale d'au moins 80^{km}. Dans le tableau ci-contre je me borne

(¹) K. WADATI, *Geoph. Mag.*, **1**, Tokyo, 1928, p. 168.

(²) H. P. BERLAGE, *Publ. Bur. Central Séism.*, série A, fasc. I, Toulouse, 1924, p. 5; F. J. SCRASE, *Proc. Roy. Soc.*, **132**, London, 1931, p. 213.

(³) K. WADATI, K. MASUDA, *Geoph. Mag.*, **7**, Tokyo, 1933, p. 269; G. J. BRUNNER, J. B. MACELWANE, *The Brunner Focal Depth Time Distance Chart*, New-York, 1935.

(⁴) K. WADATI, K. MASUDA, *Geoph. Mag.*, **8**, Tokyo, 1934, p. 187.

à indiquer les résultats relatifs aux séismes ayant été étudiés par trois auteurs au moins. Les sources sont les suivantes :

1° Colonne Strasbourg : résultats de l'étude des inscriptions de Strasbourg à l'aide des tables de Wadati ; 2° I. S. S. : valeurs publiées par l'*International Seismological Summary*, calculées d'après la méthode de Turner ; 3° J. S. A. : valeurs fournies par la *Jesuit Seismological Association* (États-Unis), d'après les courbes de Brunner ; 4° Isolignes Wadati : résultats obtenus d'après cette méthode par Wadati et ses collaborateurs ; 5° M. Miyamoto ([1]) : études faites par cet auteur au moyen des tables relatives aux ondes PcP et ScS ; 6° Catalogue K. Wadati ([2]) : mémoire où cet auteur a rassemblé les valeurs qu'il considère comme les plus probables parmi celles obtenues à l'aide des méthodes indiquées (plusieurs études particulières ont été utilisées).

Les valeurs publiées par l'I. S. S. sont toujours largement supérieures aux autres, et pour des raisons théoriques que je ne puis développer ici, il semble qu'il faille les laisser de côté. Les trois autres méthodes, indépendantes, mises en œuvre à l'aide de matériaux différents conduisent à des résultats suffisamment concordants pour que l'on puisse considérer comme correctes à moins de 10 pour 100 près, les valeurs déduites de l'étude des inscriptions de Strasbourg au moyen des tables de Wadati. Diverses conclusions peuvent être tirées des résultats que j'ai obtenus.

Valeurs de la profondeur focale obtenues par divers auteurs à l'aide de différentes méthodes.

Année.	Date.	Région épicentrale.	Strasbourg.	I. S. S.	J. S. A.	Isolignes Wadati.	Miyamoto.	Catalogue Wadati.
			km	km				km
1924.	28 mai.......	Kouriles	450	610	–		–	410
1925.	27 mai.......	Japon	380	550	–	300km	–	370
1926.	29 juin.......	Mer de Chine	140	370	–	–	–	140
	26 juillet......	Japon	340	550	–	300	–	350
1928.	29 mars......	Japon	400	630	–	400	410km	410
	8 mai........	Japon	570	670	–	–	–	450
1929.	13 janvier....	Kouriles	140	340	–	–	150	120
	2 juin........	Japon	320	570	–	300	345	320
1930.	10 mars......	Japon	620	790	–	–	660	660
	21 décembre..	Formose	160	400	–	–	150	150
1931.	20 février.....	Japon	360	520	–	350	345	350
1932.	4 avril......	Japon	440	–	–	–	410	410
	23 septembre.	Japon	300	–	–	330	260	330
	13 novembre..	Japon	320	–	–	350	310	320
1933.	2 septembre.	Japon	400	–	400km	–	410	380
	4 décembre..	Japon	320	–	300–350	–	340	340
1934.	3 janvier....	Kamtchatka	280	–	300	–	280	–

([1]) *Geoph. Mag.*, 8, Tokyo, 1934, p. 77.
([2]) *Geoph. Mag.*, 8, Tokyo, 1935, p. 305.

PALÉOBOTANIQUE. — *Phylogénie des Inversicaténales.*
Note de M. **Paul Corsin**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Chez les Inversicaténales, la forme la plus simple du faisceau caulinaire est une protostèle à pôle central; celle du faisceau pétiolaire est une protostèle à pôle endarque. Nous trouvons ces deux états réalisés chez *Botryopteris antiqua* Kidst. Les espèces les plus voisines du type primitif ont encore un protostèle avec un pôle fondamental unique, médian (tous les *Botryopteris*, à l'exception de *B. forensis*). Par division du pôle trachéen unique, on passe de l'état simple à un faisceau bipolaire à pôles voisins (*B. forensis*), puis les pôles s'éloignent l'un de l'autre, mais restent antérieurs (*Grammatopteris*, *Anachoropteris*); enfin ils deviennent latéraux (*Tubicaulis*).

I. *Botryopteris* Renault. — *B. antiqua* demeure actuellement, pour nous, la forme la plus simple des Inversicaténales.

On passe de *B. antiqua* aux *Botryopteris* de la section du *tridentata* [*B. ramosa* Will., *B. hirsuta* Will., *B. cylindrica* Will., *B. tridentata* Felix, *B. Fraiponti* Leclercq [1], *B. mucilaginosa* Kraentzel] par modification du faisceau pétiolaire initial, qui acquiert deux pôles sortants mais dont le pôle fondamental reste unique (état tripolaire).

B. Renaulti Bertr. et Corn. dans l'ensemble est aussi tridenté, mais il est plus évolué puisqu'il peut y avoir isolement de la masse ligneuse centrale et qu'en outre cette masse peut porter elle-même 2 pôles sortants (soit 5 pôles en tout).

B. forensis Ren. est le plus évolué des *Botryopteris*, il possède déjà 2 pôles fondamentaux et de nombreux pôles sortants (jusqu'à 12). Sa stèle caulinaire est une protostèle à pôles exarques.

Chez tous les *Botryopteris* les sorties, destinées aux pétioles secondaires, possèdent au moment de leur émission une masse pleine à pôle antérieur. Elles conservent une structure ancestrale qui est précisément la protostèle à pôle endarque de *B. antiqua*.

II. *Grammatopteris* Renault. — De *B. antiqua*, par division du pôle unique en 2 pôles et par allongement horizontal de la masse ligneuse, on passe directement à *G. Bertrandi* nov. sp. Chez cette dernière espèce la masse

---

[1] *B. Fraiponti* est le plus évolué des *Botryopteris* de la section du *tridentata*, car sa stèle caulinaire est une protostèle à pôles exarques.

ligneuse reste courte. Les *Grammatopteris* plus évolués [*G. Rigolloti* Renault, *G. Baldaufi* (Beck) Hirmer] ont des lames ligneuses plus allongées. Chez ces espèces les sorties destinées aux pétioles secondaires répètent la protostèle à pôle endarque; leur stèle caulinaire est une protostèle à pôles exarques.

Les *Grammatopteris* sont, à notre avis, des formes arrêtées dans leur évolution : ils n'ont pas développé d'arcs récepteurs.

III. *Anachoropteris* Corda. — Soit par l'intermédiaire de *G. Bertrandi*, soit directement, on passe de *B. antiqua* aux *Anachoropteris* par gémination du pôle fondamental et par différenciation des renflements récepteurs. On a alors l'*Anachoropteris Gilloti* nov. sp. qui paraît être une forme intermédiaire entre *G. Bertrandi* et *A. robusta* (= *A. Decaisnei* P. B.).

Parmi les espèces du genre Anachoropteris, il y a lieu de distinguer 2 groupes :

Premier groupe. — L'évolution des *Anachoropteris* du groupe de *A. robusta* (*A. robusta* nov. nom., *A. Pauteti* nov. sp., *A. circularis* nov. sp.) s'effectue à partir d'*A. Gilloti* par acquisition d'arcs récepteurs plus ou moins développés.

Second groupe. — Il manque évidemment une ou plusieurs formes intermédiaires entre *A. Gilloti* et *A. Williamsoni* Koopm. Mais à partir de ce dernier, on peut faire dériver tous les *Anachoropteris* du groupe de l'*involuta* (*A. involuta* Hoskins, *A. gigas* nov. sp., *A. pulchra* Corda, *A. ovata* nov. sp.) par enroulement progressif des arcs récepteurs et par spécialisation dans le mode d'émission des sorties.

Chez les espèces du premier groupe (moins évoluées) les sorties destinées aux pétioles secondaires conservent une structure ancestrale (une protostèle à pôle endarque). Chez les formes du deuxième groupe (plus évoluées), pour retrouver cette structure ancestrale, il faut s'adresser aux sorties émises aux dépens des pétioles secondaires ou tertiaires, c'est-à-dire s'élever de plus en plus haut dans la fronde à mesure que l'on a affaire à une espèce plus évoluée.

IV. *Tubicaulis* Cotta. — Les *Tubicaulis* paraissent dérivés eux aussi de *B. antiqua*, par allongement droite-gauche du faisceau pétiolaire, par division du pôle unique et par déplacement des deux pôles fondamentaux qui deviennent tout à fait latéraux. Ici encore les sorties destinées aux pétioles secondaires sont émises sous forme d'une protostèle à pôle endarque. D'autre part, la stèle caulinaire est une protostèle à pôles endarques.

Conclusions. — 1° L'analyse du système vasculaire foliaire des quatre

genres étudiés ci-dessus montre que toutes les Inversicaténales sont des Fougères protostéliques, c'est-à-dire dérivées de formes ancestrales dont toutes les parties du corps renfermaient une protostèle à pôle central. 2° Les trois formes *B. antiqua*, *G. Bertrandi*, *A. Gilloti*, constituent en quelque sorte l'arête cardinale qui relie les quatre genres entre eux.

ANATOMIE VÉGÉTALE. — *Quatre observations fondamentales pour la compréhension de l'organisation des végétaux vasculaires.* Note (¹) de M. **Paul Bertrand**, présentée par M. Louis Blaringhem.

I. *La trace foliaire des végétaux vasculaires anciens ou primitifs, au moment de son émission aux dépens de la stèle caulinaire et souvent sur un parcours plus ou moins long, offre des caractères ancestraux.* — En d'autres termes, il arrive souvent que la trace foliaire *conserve* une structure qui a été autrefois celle de tous les axes élémentaires constituant le corps de la plante. Par exemple : beaucoup de traces foliaires de Filicales anciennes ou primitives (Zygoptéridées, Botryoptéridées, Osmondacées permiennes) sont à l'état de protostèle à pôle central. C'est qu'en effet toutes ces plantes sont dérivées d'une forme primitive, composée d'axes tous semblables entre eux et parcourus par une protostèle à pôle central (²). Parmi les Ptéridospermées, il en est de même des Calamopityées, des Hétérangiées et des Lyginodendrées. D'où le tableau ci-contre.

II. *Les faisceaux limbaires, c'est-à-dire ceux qui parcourent le limbe de la feuille pour lui apporter l'eau et les matières dissoutes, n'offrent en principe aucun caractère ancestral.* — Depuis toujours (c'est-à-dire toutes les fois qu'un limbe s'est formé) leur organisation s'est établie en harmonie avec les fonctions de la feuille (notamment : transpiration et assimilation); ils assurent ces fonctions dans les meilleures conditions possibles. C'est pourquoi leur structure est la même partout : c'est la structure dite collatérale. Un faisceau collatéral est un faisceau avec bois en dessus, liber en dessous, premières trachées à la pointe supérieure du faisceau; il serait préférable d'appeler cette structure : *structure épiarche*. Elle est classique et figurée dans tous les traités ... pour la feuille des Angiospermes.

(¹) Séance du 22 juin 1936.

(²) Ce résultat a été admis par A. G. Tansley dès 1907.

Malheureusement on a oublié de dire que chez toutes les Fougères (*Osmunda*, *Schizæa*, *Acrostichum*, etc.) les faisceaux des nervures offrent exactement la même structure. Cela tient précisément à ce que celle-ci est

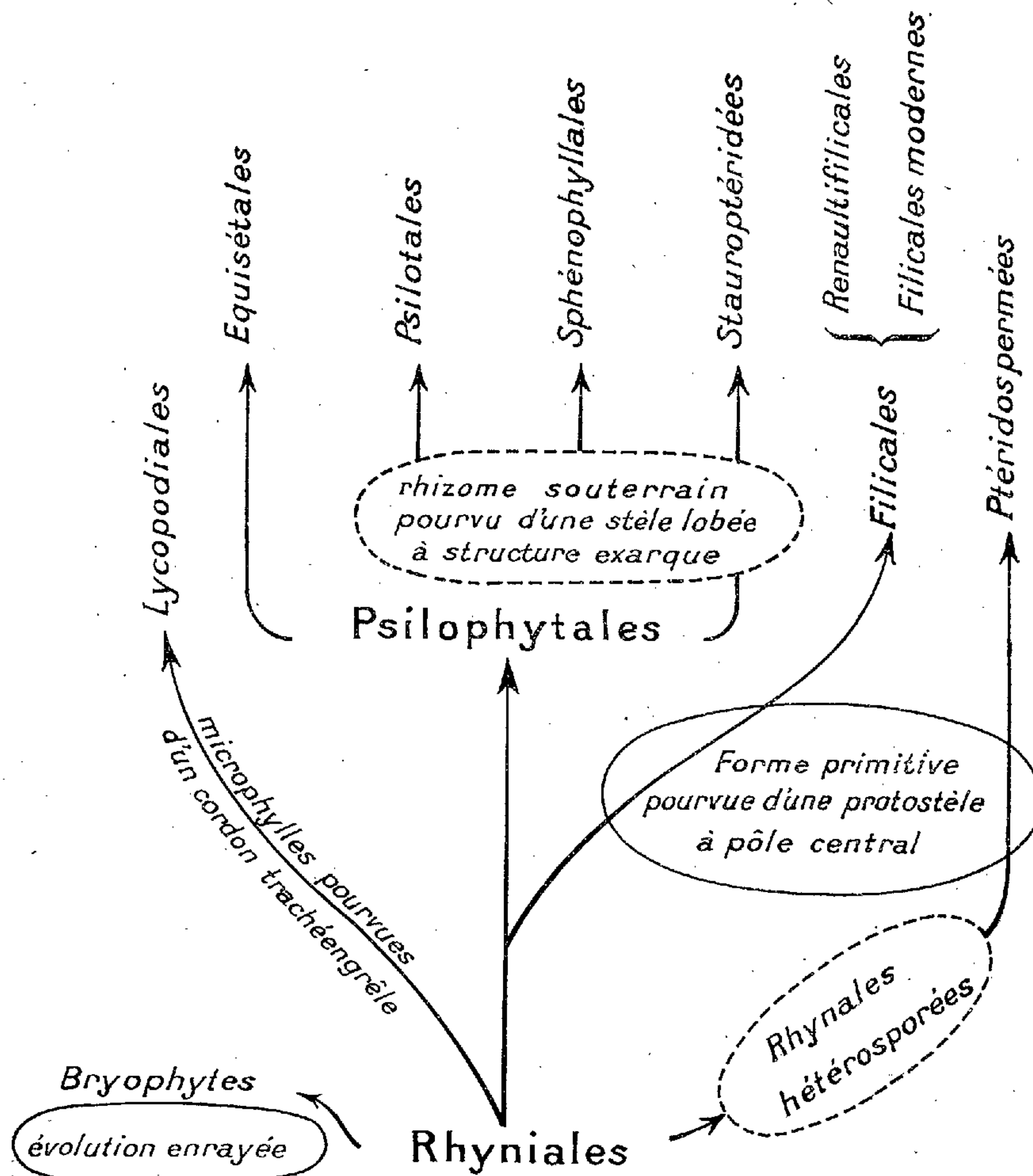


Tableau montrant l'origine probable et la position relative des différents groupes de Cryptogames vasculaires et des Ptéridospermées, d'après leurs caractères anatomiques.

en harmonie avec un rôle physiologique bien déterminé. Il devient indifférent pour nous de savoir si elle est plus ou moins ancienne, puisqu'elle est la même chez toutes les plantes qui ont un limbe développé et éclairé par-dessus. Nous la désignerons désormais sous le nom de *structure feuille*.

III. Ce que nous venons de dire pour le limbe foliaire peut se répéter

mot à mot pour la racine. La *structure racine* est en harmonie avec une fonction précise : l'absorption de l'eau et des matières dissoutes. La stèle radicale est le plus souvent bipolaire ; il est possible que cette stèle soit dérivée d'une protostèle à pôle central ; cependant, il semble qu'il ne reste pas grand'chose dans la racine de cette structure ancestrale. On peut dire tout au plus que le faisceau bipolaire à structure exarque dérive d'un faisceau à *structure concentrique* et que, si le liber est interrompu en face des pôles, c'est parce qu'en ces deux points l'eau pénètre massivement dans les trachées avant de gagner les éléments plus gros et de s'élever dans la tige. Là encore, ce qui nous frappe, c'est la correspondance parfaite entre la structure et la fonction à assurer. Il se peut que cette organisation ait été transmise de génération en génération depuis des millénaires.

IV. *La structure de l'appareil radical est indépendante de celle des organes supports* (*tiges et pétioles*). — Précisons notre pensée : les éléments conducteurs des racines (trachées, trachéïdes, gros vaisseaux) sont bien en relation directe et parfois en continuité parfaite avec ceux des organes supports ; s'il en était autrement, la plante aurait une très mauvaise circulation. Mais on ne trouve pas, on n'a jamais trouvé des tiges ou des pétioles, dont on puisse dire qu'ils possèdent vraiment la structure racine. Pratiquement en effet, tous les anatomistes peuvent témoigner que l'on peut expliquer toute l'organisation des supports, dévoiler tous les mystères de leur évolution, sans jamais s'inquiéter des racines ou seulement d'une manière tout à fait accessoire.

L'application correcte et judicieuse des quatre règles énoncées ci-dessus permet immédiatement de découvrir l'origine et d'établir la phylogénie des végétaux vasculaires.

CRYPTOGAMIE. — *Sur la phylogénie des Lactario-Russulés.*
Note de M. **Roger Heim**, présentée par M. Marin Molliard.

J'ai montré (¹) que la récolte, faite au cours d'une mission à Madagascar, de Lactaires lignicoles, à développement momentanément angiocarpique, apportait une confirmation à la parenté entrevue par Bucholtz, développée et précisée par Malençon, entre Lactario-Russulés et certains Gastéromycètes : dans la série naturelle des Astérosporés, entre les deux groupes

(¹) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 2101.

des Lactario-Russulés agaricoïdes et des Astérogastracés gastéroïdes, certains Lactaires malgaches viennent constituer un noyau de transition indéniable.

J'ai pu découvrir également, au cours de la même expédition dans la forêt primitive orientale malgache, diverses formes de Russules annelées dont l'existence complète à son tour le schéma évolutif de la série naturelle des Astérosporés.

Ces Russules à voile général fugace et à voile partiel membraneux, parfois double, comportent deux sections : 1° celle du *Russula annulata* nob., à disque mycélien basal tenace, spores à profond réseau polygonal amyloïde, oxydases intenses, comprenant deux sous-espèces : l'une à pigments jaune et rouge (une variété rouge orangé, une autre jaune orangé), l'autre à pigment violet; 2° celle du *R. radicans* nob., à prolongement radiciforme du stipe, spores tuberculeuses amyloïdes, oxydases très faibles. Leurs particularités conduisent à trois conclusions importantes :

1° Le *Russ. annulata* s'apparente à l'*Elasmomyces russuloides* Setchell, hypogé nord-américain à hyménium locellé, qui possède les mêmes spores sphériques à profond réseau amyloïde et des cystides analogues, de même que le *Lactariopsis Pandani* nob. s'apparente à l'*Elasmomyces krjukowensis* Buch. Or ces deux espèces d'*Elasmomyces* sont naturellement très voisines. D'autre part le *Russ. radicans* offre parfois des basides bispores, comme la plupart des Astérogastracés, contrairement aux Russulacés dont les basides sont tétraspores. Enfin, les Russules annelées de même que les *Lactariopsis* offrent, à l'état adulte, un péridium pelliculaire et profondément strié : même homologie physionomique, même large amplitude de différenciation ontogénétique. Nous en concluons que les liens entre *Elasmomyces* et *Lactarius* se retrouvent exactement entre *Elasmomyces* et *Russula*.

2° Les Russules annelées sont toutes leucosporées, de même que les Lactaires angiocarpes possèdent des spores blanches ou crème. Ces faits appuient donc l'hypothèse de Fayod, confirmée par les recherches sérologiques de Neuhoff et Ziegenspeck, soutenue aussi par Singer, selon laquelle les formes russulées leucospores seraient plus primitives que les chromospores.

3° Nous déduisons de l'existence de Lactaires annelés épixyles, de Russules annelées radicantes ou à thalle terrestre développé, que l'habitat lignatile ou la présence homologue de ce subiculum s'applique dans une

série naturelle (dont certaines espèces sont terricoles) à des formes peu évoluées ou régressives.

Mais on ne saurait tirer de l'ensemble de ces faits la conclusion que les Lactario-russulés dérivent directement des Gastéromycètes astérosporés. La parenté supposée avec les Hygrophores reste compatible avec l'existence d'une série naturelle dont les représentants hypogés ou subépigés marqueraient, comme l'a supposé Malençon, une dégradation à partir de formes épigées, c'est-à-dire, pensons-nous, à partir de celles qui sont les plus proches à la fois des Lactaires et des Russules : les Russules lactarioïdes (*R. delica, adusta, nigricans*) à caractères assez primitifs, non sans analogie avec les Hygrophores russuloïdes (*H. Russula*). Ainsi, ce groupe ancestral lactario-russulé aurait donné naissance par évolution progressive aux Russulés chromosporés, par adaptation hypogée aux Astérogastracés. Cette hypothèse se trouve appuyée par un argument d'ordre géographique : les récoltes de Lactario-russulés que nous avons faites dans la forêt *primitive* malgache montrent une forte proportion en formes annelées et en formes hygrophoroïdes, c'est-à-dire peu évoluées, alors que les Russules chromosporées y sont inexistantes.

Ces diverses considérations mettent donc en défaut l'opinion trop absolue de Fayod qui interprétait l'angiocarpie comme caractéristique des formes supérieures. Elles viennent d'autre part étayer une fois de plus la théorie soutenue par Patouillard, Malençon et nous-même, selon laquelle le système friésien, basé sur des critères artificiels de ressemblance ou de dissemblance, rapproche dans les groupements classiques appelés agarics, polyporés, gastéromycètes, hypogés, etc., ou sépare selon les porés et les hydnés, les clavariés et les cantharellés, les paxilles et les bolets, des formes dont l'analogie n'est due souvent qu'à une convergence physionomique ou dont la séparation est basée sur des différences superficielles de morphologie ou de configuration hyméniale. Les parentés, au contraire, peuvent exister entre formes souterraines et épigées, épixyles et terrestres, à hyménium clos ou non, poré ou hydné, lamellé ou poré : les vrais critères d'affinités ont une signification dynamique (régressive ou progressive) qui tire sa valeur moins de la configuration extérieure que de l'anatomie générale et de la présence ou de la nature d'éléments différenciés que cette structure révèle.

MYCOLOGIE. — *Sur la sexualité d'*Hansenula Saturnus *et de quelques espèces du genre Saccharomyces.* Note (¹) de M[lle] **Jane Manuel**, présentée par M. Alexandre Guilliermond.

Les recherches de Guilliermond ont démontré (1902-1905) que certaines levures : *Saccharomycodes Ludwigii*, plusieurs espèces du genre *Saccharomyces* et *Hansenula Saturnus* présentent une conjugaison s'effectuant entre les ascospores et sont par conséquent diplobiontiques, la réduction chromatique s'opérant dans l'asque. Cependant, tandis que dans le *S. Ludwigii*, ce phénomène est à peu près général, dans les autres Levures on constate toujours un nombre plus ou moins considérable d'ascospores germant sans conjugaison. Les recherches de Kruis et Satava (1918), celles de Winge (1935), puis de Guilliermond (1935), ont établi ensuite que pour ces dernières la conjugaison se produit quand même, mais seulement entre les premières cellules haploïdes issues de leur germination. Ces faits nouveaux ayant été établis seulement sur un petit nombre d'espèces du genre *Saccharomyces* il nous a paru intéressant de rechercher s'ils s'appliquaient à d'autres Levures. Pour cela nous avons suivi, en chambre humide de Van Tieghem, la germination des ascospores de divers *Saccharomyces : S. Mangini, S. Mangini variété tetrasporus, S. Chevalieri var. Lindneri, S. annulatus et Hansenula Saturnus.*

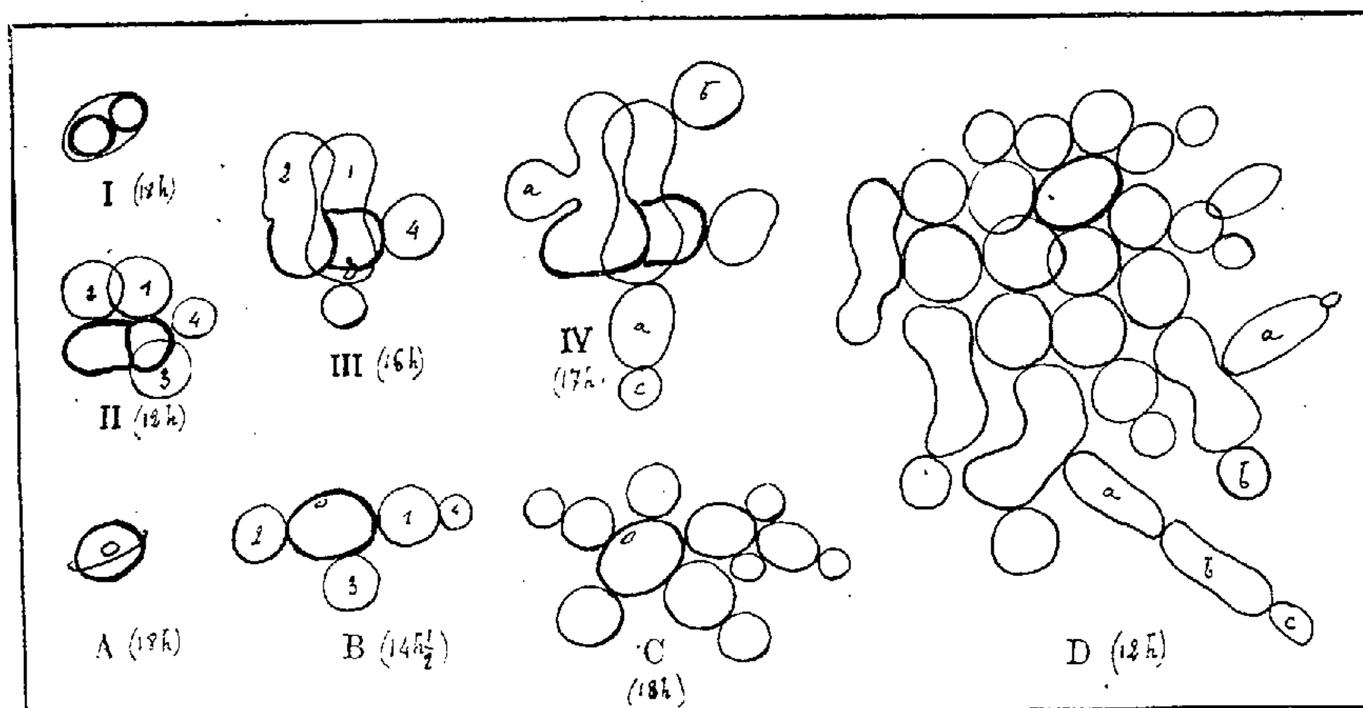
Dans les 4 espèces de *Saccharomyces*, un peu plus de la moitié des ascospores germent par bourgeonnement sans conjugaison préalable, donnant des cellules haploïdes : celles-ci se conjuguent ensuite : la conjugaison se produit généralement entre les cellules issues directement de l'ascospore ou même entre l'ascospore et l'une des premières cellules résultant de son bourgeonnement (voir *fig.* I à IV représentant *S. annulatus*). Ces Levures sont donc homothalliques : une seule ascospore pouvant donner des cellules haploïdes susceptibles de se conjuguer. Les zygospores ainsi formées germent immédiatement, en donnant des cellules diploïdes qui se distinguent généralement des cellules haploïdes par leur taille plus élevée.

L'*Hansenula Saturnus* est plus intéressante parce qu'appartenant à un autre groupe de Levures. Cette espèce isolée par Klöcker offre des asques renfermant une à deux ascospores : celles-ci sont ceintes d'un anneau

(¹) Séance du 29 juin 1936.

saillant les faisant ressembler à la planète Saturne. Aucune étude de la sexualité de cette Levure n'a été faite depuis les recherches de Guilliermond signalées précédemment.

Nous avons éprouvé une assez grande difficulté à suivre, sur chambre humide de Van Tieghem et Le Monnier, la germination des ascospores de cette Levure qui s'opère après un temps de latence très long. Aussi, est-on obligé pour suivre la germination des ascospores de tuer préalablement les cellules végétatives par un séjour d'une demi-heure à l'étuve à 56°, avant de procéder à l'ensemencement, sans quoi les cellules végétatives envahissent la culture et gênent la germination des ascospores qui ne commence



que beaucoup plus tard. Les ascospores ensemencées dans ces conditions se gonflent, perdent leur anneau saillant et prennent l'allure de cellules végétatives (*fig.* A, B). Un peu moins de la moitié de ces ascospores se conjuguent deux à deux, produisant des zygospores qui bourgeonnent aussitôt; cette conjugaison peut s'effectuer soit entre les deux ascospores d'un même asque, soit entre deux ascospores appartenant à des asques voisins. Dans la majorité des cas les ascospores germent sans conjugaison préalable : elles donnent alors des cellules haploïdes qui sont destinées à se conjuguer. Rarement, ce phénomène se produit, comme dans les Levures que nous avons précédemment étudiées, entre les cellules provenant de la première génération, mais en suivant le développement de la colonie issue du bourgeonnement de l'ascospore, on arrive toujours à constater un peu plus tard que les cellules haploïdes se conjuguent deux à deux (*fig.* B, C, D). La conjugaison est donc plus tardive dans cette Levure que dans les précédentes et l'haplo-

phase est par conséquent plus longue. Ici encore la Levure est homothallique. Les zygospores germent immédiatement en donnant des cellules diploïdes un peu plus grosses que les cellules haploïdes et qui généralement se distinguent très nettement de celles-ci par le fait qu'elles sont très allongées et disposées en files.

Ajoutons que le cycle de cette Levure peut être raccourci : il arrive fréquemment que la germination des ascospores ne commence que lorsque les cellules végétatives ont déjà envahi la culture. Dans ces conditions les ascospores germant dans un milieu devenu défavorable, les zygospores peuvent se transformer directement en asques qui présentent alors l'aspect caractéristique des asques d'un *Zygosaccharomyces* : la phase végétative diploïde se trouve par le fait supprimée.

Il résulte donc de nos recherches que toutes les espèces du genre *Saccharomyces* que nous avons étudiées présentent le même type de sexualité que celui décrit dans quelques espèces par Kruis et Satava, Winge, Guilliermond : chez elle la conjugaison peut se produire entre les ascospores elles-mêmes, mais le plus souvent, elle a lieu entre les premières cellules haploïdes issues de la germination des ascospores. Il en est de même dans *Hansenula Saturnus*, avec cette différence que la conjugaison s'opère dans cette dernière Levure généralement à un stade moins précoce, la phase haploïde est donc plus longue que pour les précédentes. Enfin toutes ces Levures sont homothalliques.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Action comparée des vapeurs d'acroléine sur la structure cellulaire et sur la composition glucidique de quelques tissus végétaux.* Note de MM. **Marcel Mascré** et **René Raymond Paris**, transmise par M. Alexandre Guilliermond.

On sait, par les expériences de P. Guérin et C. Lormand (¹) et celles de l'un de nous (²), que les vapeurs d'acroléine peuvent, suivant la dose employée, soit déclencher, chez certains tissus végétaux (feuilles d'*Aucuba*, de Laurier-Cerise) une hydrolyse diastasique des principes glucosidiques, soit inhiber cette réaction. En règle générale, il n'y a pas d'hydrolyse au contact des vapeurs d'acroléine, sauf pour de très faibles doses; l'hydrolyse

(¹) *Comptes rendus*, 170, 1920, p. 401 et 1598.

(²) R. R. Paris, *Action de diverses substances organiques volatiles sur quelques glucidases*, in vivo *et* in vitro (*Thèse Doct. Sc.*, Paris, 1935).

se manifeste seulement lorsque les tissus, soustraits à l'action du réactif, sont abandonnés à eux-mêmes à l'air libre.

Nous avons repris ces expériences afin de confronter les résultats d'ordre biochimique obtenus avec les modifications d'ordre cytologique provoquées dans les mêmes conditions et qui viennent d'être étudiées par l'un de nous ([1]).

Des feuilles de Troène ont été mises en contact avec l'acroléine en vapeurs saturantes, sous une cloche, pendant une heure : on ne constate pas d'autre modification extérieure qu'une sudation manifeste. Par rapport au témoin, la teneur en syringoside n'a pas sensiblement varié (diminution de 3 à 5 pour 100); la teneur en saccharose a augmentée de 10 pour 100.

Après trois heures de séjour à l'air libre, la teneur en syringoside a diminué de 50 pour 100; la teneur en saccharose, diminuée par rapport au lot précédent, est identique à celle du témoin.

Des feuilles d'*Aucuba*, soumises au même traitement, ne noircissent pas au contact des vapeurs d'acroléine; au sortir de la cloche, la teneur en aucuboside n'a pas sensiblement varié (diminution de 3 à 5 pour 100); la teneur en saccharose a augmenté de 20 à 30 pour 100. Abandonnées à l'air libre, après 1 heure d'action de l'acroléine, les feuilles noircissent. La teneur en aucuboside a diminué de 30 pour 100 au bout de 3 heures, de 80 pour 100 au bout de 24 heures. La diminution de la teneur en holosides est de 5 à 10 pour 100 après 3 heures, de 20 pour 100 après 24 heures. Si l'action de l'acroléine est prolongée pendant 8 à 12 heures, il n'y a, après abandon à l'air libre, ni noircissement, ni modification sensible de la teneur en glucides; ces feuilles ne subissent plus de noircissement au contact des vapeurs de chloroforme.

Des conclusions analogues se dégagent des essais effectués avec des feuilles de Laurier-Cerise. Au contact de l'acroléine, il n'y a pas de dédoublement sensible du prulaurasoside; la teneur en saccharose accuse une très légère augmentation après 1 heure, suivie d'une diminution sensible après 3 à 4 heures. A l'air libre, on constate l'hydrolyse de l'hétéroside, mais seulement lorsque l'action du réactif n'a pas été prolongée au delà de 1 heure; pour une action de plus longue durée, il n'y a plus hydrolyse. Le Laurier-Cerise se montre, ici, plus sensible que le Troène et l'*Aucuba*. La *stabilisation* ainsi réalisée s'accorde avec certaines expériences de Guérin et Lormand.

([1]) M. Mascré, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 2094.

Il est intéressant de remarquer le parallélisme qui existe entre les phénomènes précédents (spécialement en ce qui concerne la teneur en hétérosides) et les modifications apportées à la structure cellulaire telles que les a décrites récemment Mascré. Celui-ci a montré que la structure cellulaire est parfaitement « fixée » par les vapeurs d'acroléine; c'est seulement après que les tissus sont soustraits à leur action qu'apparaissent des modifications de structure. On observe alors, entre autres changements, une destruction du chondriome par granulisation des chondriocontes. Cette destruction est d'autant plus rapide et d'autant plus marquée que l'action de l'acroléine a été moins intense. Elle ne se manifeste plus lorsque cette action a été trop prolongée, dans les conditions mêmes où nous avons observé une « stabilisation » de la teneur en hétéroside.

En résumé, il y a parallélisme entre la destruction du chondriome et le déclenchement des phénomènes diastasiques contrôlés par l'émulsine, sans qu'on ait le droit, cependant, de voir là une relation de cause à effet. Les rapports sont moins nets en ce qui concerne l'hydrolyse des principes tributaires de la sucrase. La plasmolyse, qui n'est que tout à fait exceptionnelle, ne paraît pas intervenir dans ces phénomènes.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur l'obtention expérimentale d'hybrides interspécifiques dans le genre* Bromus *L., et quelques considérations systématiques qui s'y rapportent.* Note de M. **Antoine de Cugnac**, présentée par M. Julien Costantin.

Deux groupes de descendants hybrides de première génération, provenant des croisements de Graminées annoncés l'an dernier [1] m'ont fourni des résultats, qui me paraissent intéresser à la fois la génétique et la systématique.

Le premier groupe est formé par neuf individus, issus des croisements réciproques *B. sterilis* L. × *madritensis* L. et *B. madritensis* × *sterilis*. Toutes ces plantes sont semblables, et se rapprochent nettement, par la plupart de leurs caractères, de *B. madritensis*, notamment par la panicule à rameaux dressés, les épillets velus s'écartant en éventail au sommet après la floraison, tandis que chez *B. sterilis* les rameaux sont pendants, les épillets glabres, et les fleurs non courbées en arc vers l'extérieur à maturité.

---

(1) *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 1040.

Tout au plus reconnaît-on l'influence de *B. sterilis* à la panicule plus ample, aux rameaux plus allongés et plus ramifiés que dans le *B. madritensis* typique.

Mais un caractère important sépare ces plantes de *B. madritensis* : le nombre des étamines, qui est de deux chez cette espèce, et de trois chez *B. sterilis*, comme chez la plupart des Graminées, est, par contre, variable chez les hybrides, où l'on trouve tantôt deux, tantôt trois étamines sur la même plante, et souvent dans un même épillet, suivant les fleurs.

Or on sait que le caractère diandre de *B. madritensis*, signalé dès la fin du XVIIIe siècle par les botanistes anglais, qui en ont laissé de remarquables figures (*B. diandrus* Curtis 1798, Smith et Sowerby 1802), fut par la suite abandonné par les descripteurs qui l'ont considéré comme variable; et que les auteurs modernes n'en mentionnent même pas, le plus souvent, l'existence, ni dans la description de l'espèce, ni dans celle du genre, méconnaissant ainsi du même coup tous les autres Bromes diandres : *B. rubens* L., *B. rigidus* Roth, et les formes diandres de *B. Gussonei* Parlat. [1].

C'est sans doute par confusion, dans les collections, de quelques échantillons d'hybrides naturels avec l'espèce pure, que cette opinion, d'après laquelle le nombre des étamines varierait de 2 à 3 chez *B. madritensis*, a pu s'accréditer. La réalisation spontanée d'hybrides accidentels entre les deux espèces est probablement assez fréquente dans la nature, leur floraison ayant lieu sensiblement à la même époque, et les plantes croissant très souvent en mélange dans les mêmes stations. Nous avons ainsi décrit, il y a 5 ans, sous le nom de *B. Fischeri* A. de C. et A. Camus, des exemplaires de nos récoltes attribués à une hybridation naturelle [2].

La floraison a été abondante chez mes neuf plantes hybrides; il n'en est résulté cependant aucune fructification naturelle, ce qui contraste avec l'extrême fertilité des deux espèces parentes, cultivées dans les mêmes conditions. Mais le pollen est rare, et l'étude cytologique de sa formation révèle l'existence de nombreuses irrégularités dans les divisions réductrices. Cependant par pollinisation avec *B. sterilis*, j'ai pu en obtenir une fructification, qui sera suivie ultérieurement. La stérilité ne porte donc que sur le pollen, comme il est assez fréquent chez les hybrides interspécifiques.

Le second lot se compose de deux plantes provenant du croisement de *B. sterilis*, employé comme mère, avec *B. macrantherus* Hack. comme père.

---

(1) *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 167.
(2) *Bull. Soc. Bot.*, 78, 1931, p. 339.

Ici encore, les caractères de *B. sterilis* se trouvent dominés, dans l'ensemble, par ceux de l'autre parent, sauf pour les étamines, dont les anthères sont courtes, et d'ailleurs presque vides. A l'examen cytologique, des désordres extrêmes caractérisent les mitoses réductrices.

Hormis la stérilité, ces plantes sont semblables à l' « espèce » *B. Gussonei* Parlat. (lobes de la glumelle inférieure de 4-5^{mm} ; chaume velu au sommet, à la naissance de la panicule ; rameaux de l'inflorescence étalés, velus, de 2 à 5^{cm} de longueur), au sujet de laquelle nous avons avancé depuis plusieurs années, en nous basant sur divers arguments, d'ordre morphologique, l'hypothèse d'une origine hybride ([1]). Les résultats de la présente expérience me paraissent apporter une confirmation directe à cette hypothèse, puisque les plantes issues du croisement *B. sterilis* $\times$ *macrantherus* sont morphologiquement indiscernables de *B. Gussonei*. Il paraît vraisemblable, d'autre part, que l'obstacle physiologique de la stérilité n'est peut-être pas insurmontable, comme l'ont montré récemment, pour d'autres plantes, les expériences de divers génétistes.

AGRONOMIE. — *Influence de la trituration des sols agricoles sur la teneur de leur extrait aqueux en principes fertilisants essentiels*. Note de M. **Désiré Leroux**, présentée par M. Émile Schribaux.

Si l'action bienfaisante du travail du sol sur la production des récoltes est constatée par l'homme des champs depuis un temps immémorial, il n'y a guère plus d'un siècle qu'elle retient l'attention des agronomes. Ces derniers ont étudié surtout l'influence de ce travail sur la structure physique du milieu, sur son humidité [Dehérain ([2]), Blohm ([3])], sa réaction [Opitz, Ratsack et Göpp ([4])], sur l'activité des phénomènes microbiens dont il est le siège ([5]).

Nous nous sommes proposé d'examiner tout particulièrement l'influence de la trituration du sol sur la teneur de celui-ci en divers principes fertili-

---

([1]) *Bull. Soc. Bot.*, 78, 1931, p. 336; *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 1040.
([2]) *Ann. agron.*, 22, 1896, p. 449, et 23, 1897, p. 216.
([3]) *Wiss. Arch. f. Landw.*, A, 1, 1929, p. 642.
([4]) *Landw. Jahrbücher*, 77, 1933, p. 889.
([5]) Voir bibliographie complète dans notre Mémoire, *Ann. agron.*, 4, 1934, p. 176.

sants solubles dans l'eau, et par conséquent très facilement assimilables par les plantes.

	Résidu sec	Matières minér. dissoutes	Matières organ. dissoutes	N nitrique.		P^2O^5.		K^2O.	
	à la fin de l'expérience.			I ([a]).	II ([b]).	I.	II.	I.	II.
Normanville (Seine-Inférieure) (limon des plateaux).									
Calcaire 0,03 pour 100; matières organiques totales 1,93 pour 100; pH 6,5.									
Sans trituration...	1515	960	555	100,4	118,3	0,7	1,0	20,3	([c])
Après » ...	2170	980	1190	103,9	120,1	1,2	1,1	21,5	([c])
Villepreux (Seine-et-Oise) (limon des plateaux).									
Calcaire 0,11 pour 100; matières organiques totales 0,80 pour 100; pH 7,0.									
Sans trituration...	2160	1130	1030	252,7	258,1	2,6	2,7	10,5	9,4
Après » ...	2420	1500	920	261,7	267,1	2,6	2,7	10,2	11,1
Combs-la-Ville (Seine-et-Marne) (limon des plateaux).									
Calcaire 0,23 pour 100; matières organiques totales 2,25 pour 100; pH 7,1.									
Sans trituration...	770	530	240	39,4	43,2	19,7	20,9	25,5	22,3
Après » ...	1035	720	315	43,0	57,3	20,9	22,2	30,4	26,5
Le Vésinet (Seine-et-Oise) (diluvium des vallées).									
Calcaire 1,02 pour 100; matières organiques totales 3,04 pour 100; pH 7,0.									
Sans trituration...	1840	1015	825	136,2	170,3	7,0	6,9	85,4	61,4
Après » ...	1995	1100	895	166,7	173,8	6,4	7,1	105,6	83,4
Dangu (Eure) (calcaire).									
Calcaire 7,13 pour 100; matières organiques totales 1,73 pour 100; pH 7,8.									
Sans trituration...	2610	1390	1220	222,2	240,2	7,0	5,9	15,5	14,9
Après » ...	2590	1520	1070	231,2	241,9	7,2	6,9	16,7	24,0
Grand-Andely (Eure) (calcaire).									
Calcaire 28,00 pour 100; matières organiques totales 2,83 pour 100; pH 8,1.									
Sans trituration...	1000	640	360	57,3	67,2	10,8	10,9	23,0	22,1
Après » ...	1140	760	380	68,1	69,9	10,8	10,9	29,3	26,9

([a]) Après 15 jours. — ([b]) Après 45 jours. — ([c]) Dosages manqués.

Technique. — Nous avons opéré sur six sols différents dont l'humidité a été portée et maintenue à 20 pour 100, taux voisin de l'optimum. De chacune de ces terres, nous avons pris un échantillon homogène (1200g) qui a été divisé en deux lots identiques. Un de ces lots a été trituré longuement, l'autre a servi de témoin. Cette trituration qui produisait un émiettement du sol se rapprochant d'un ameublissement très poussé de ce dernier, a été effectuée de façon semblable sur les six terres au moyen d'une spatule (50 mouvements de celle-ci dans divers sens) en évitant tout broyage. Elle a été répétée quotidiennement sur les mêmes lots pendant 45 jours (1). Au bout des quinze premiers jours et ensuite à la fin de l'expérience, nous avons prélevé un échantillon de chacun des lots mis en œuvre, échantillon dont l'extrait aqueux a été immédiatement préparé par agitation de la terre pendant une heure avec cinq fois son poids d'eau distillée *bouillie* (agitation réalisée au moyen d'un agitateur rotatif, fonctionnant à une vitesse très réduite pour éviter tout phénomène d'usure).

Dans le liquide parfaitement clair, obtenu après décantation, puis filtration à travers une bougie Chamberland, nous avons dosé N nitrique, P^2O^5, K^2O et à la fin de l'expérience la quantité totale de matières minérales et de matières organiques dissoutes.

Résultats. — Les résultats que nous avons obtenus, exprimés en milligrammes et rapportés à 1^{kg} de terre supposée sèche, sont mentionnés dans le tableau ci-dessus :

Conclusions. — De l'ensemble des résultats précédents, on peut conclure que dans notre expérience : 1° la trituration a élevé la teneur en électrolytes et en matières organiques solubles, fait en rapport avec l'activité biologique plus intense des sols émiettés (2); 2° elle a produit une augmentation du taux de K^2O soluble parfois assez marquée, atteignant son maximum dans les sols les plus riches (Vésinet 20^{mg} par kilogramme de terre soit environ 60^{kg} de K^2O par hectare), augmentation en relation avec celle des électrolytes et les déplacements qu'ils provoquent dans le complexe absorbant; 3° elle n'a pas eu d'influence sensible sur P^2O^5, la concentration des solutions se trouvant définie par des équilibres qui dépendent du pouvoir de fixation et caractéristiques de chaque sol; 4° elle a augmenté la production des nitrates, fait constaté naguère par Th. Schlœsing et A. Müntz (3) et souvent confirmé depuis.

L'examen des résultats obtenus montre en outre que l'action de la tritu-

(1) Pendant toute la durée de l'expérience (qui a été effectuée à la température du laboratoire : 18-19°) tous les lots ont été maintenus à l'abri de la dessiccation et d'un apport extérieur (NH^3), mais dans des conditions d'aération suffisantes.

(2) Désiré Leroux, *Ann. agron.*, 4, 1934, p. 167.

(3) *Comptes rendus*, **89**, 1879, p. 1074.

ration a été plus ou moins prononcée pour les diverses terres, et qu'elle ne s'est pas toujours exercée avec la même intensité au début et à la fin de l'expérience.

D'autres faits peuvent encore être constatés, notamment la différente richesse en principes fertilisants solubles des terres utilisées ou l'abaissement du taux de K^2O soluble, avec le temps.

HISTORADIOGRAPHIE. — *Amélioration de la technique.* Note [1] de M. **Robert Castagné**, présentée par M. d'Arsonval.

Utilisant les appareils mêmes de P. Lamarque et la technique qu'il a décrits [2], nous avons substitué aux fenêtres d'aluminium qu'il avait employées des fenêtres de lithium métallique. L'absorption massique ainsi diminuée nous a permis de travailler avec des rayons moins pénétrants. La tension a été abaissée de 5 kV à 2 kV, puis 1 kV. L'intensité est constamment égale à 80 milliampères. C'est dans ces conditions que de nouveaux historadiogrammes ont été obtenus. Sous 2 kV, en posant 20 minutes, avec les mêmes émulsions que pour 5 kV, les clichés montrent déjà des détails plus fouillés. Sous 1 kV les temps de pose doivent être de l'ordre de l'heure. Il semble possible d'abaisser encore le voltage.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Comparaison entre l'énergie d'une radiation simple et celle d'un mélange de radiations de même aspect visuel.* Note de M. **Émile Haas**, présentée par M. Charles Fabry.

Les mélanges de deux couleurs spectrales déterminent une perception identique, à la saturation près, à celle causée par une couleur spectrale pure; mais la question s'est posée de savoir si l'énergie dépensée sur la rétine est la même dans les deux cas.

À priori, la notion des coefficients de visibilité permet de répondre par la négative, mais des expériences directes, telles que celles de M. J. Malassez [3], peuvent sembler préférables.

---

(1) Séance du 29 juin 1936.

(2) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 684.

(3) *Comptes rendus*, 190, 1930, p. 520.

Ce sont aussi des expériences directes que nous avons entreprises, mais avec un dispositif instrumental sensiblement différent de celui de l'auteur cité.

Deux collimateurs, rectangulairement placés, dont l'un porte deux fentes, envoient trois faisceaux parallèles sur un prisme de Broca à déviation constante, par l'intermédiaire d'un prisme mi-réfléchissant mi-transmetteur. Moyennant une disposition convenable des fentes, on obtient dans le plan focal de la lunette trois spectres, dont deux se recouvrent en hauteur, tout en ayant glissé l'un sur l'autre dans la direction horizontale, et dont le troisième reste non mélangé.

Dans le même plan focal, une fente verticale limite la région des spectres que l'on veut examiner. Sa partie supérieure contient une couleur pure, et sa partie inférieure un mélange, que l'on peut faire varier. L'une et l'autre de ces plages sont exactement contiguës, permettant, en ceci, de bonnes comparaisons photométriques.

On égalise photométriquement la couleur simple et le mélange. L'opération n'est correcte que si l'aire occupée par les trois anneaux oculaires est inférieure à l'aire de la pupille observatrice, ou que si l'aire commune aux trois anneaux est supérieure à la pupille. En fait, c'est la première condition que nous avons réalisée.

Ensuite on substitue une pile thermoélectrique à l'oculaire, de façon que les soudures soient presque au contact de la fente du plan focal, et l'on peut mesurer séparément l'énergie correspondant à la couleur simple et à la couleur composée.

Nous avions choisi, pour les expériences, le jaune voisin de $0^{\mu},588$ pour couleur simple, et, pour le mélange, un rouge de λ légèrement supérieur à 0,656 et un vert de λ légèrement supérieur à 0,546. On a opéré en donnant aux deux plages une brillance commune variable avec les expériences, mais le rapport de l'énergie du mélange à l'énergie de la couleur simple est, en moyenne, supérieur à 2.

Il n'est pas impossible que ce rapport soit une fonction de la brillance commune aux deux plages, mais les écarts entre les expériences ne semblent pas assez systématiques pour qu'on puisse l'affirmer dès maintenant.

Nous avons choisi le jaune pour couleur de comparaison, en raison du fait bien connu que le mélange qui le reproduit est à peine moins saturé que le jaune pur. S'il s'agit d'une autre couleur, nous pensons qu'il est correct de l'additionner d'un blanc aussi défini que possible, afin de pouvoir la comparer au mélange. On reste ainsi dans l'esprit de ces recherches, qui

consistent à déterminer les quantités d'énergie correspondant à *une même réponse* de l'organisme.

La principale cause d'erreur de ces expériences est que, si l'on fait la comparaison visuelle avec les mêmes brillances qui donnent de grandes déviations du galvanomètre, la photométrie est médiocre. D'autre part la réduction de la brillance des deux plages dans un rapport commun, pour la partie visuelle de l'opération, peut introduire à la fois des erreurs d'origine mécanique et des erreurs d'origine physiologique.

OPTIQUE VISUELLE. — *Sur la structure optique du corps vitré.* Note de M. **Charles Lapicque**, présentée par M. Charles Fabry.

On sait qu'en regardant une source lumineuse étendue (le ciel, une lampe opale etc...) à travers un trou très petit percé dans un écran opaque, trou situé tout près de la cornée, on perçoit très bien les fibres de son propre corps vitré, par l'ombre qu'elles portent sur la rétine. Ces fibres sont de longs cylindres plus ou moins courbés, dans lesquels des boules s'intercalent de place en place; les contours du cylindre sont perçus comme deux lignes sombres, l'axe du cylindre paraît au contraire très brillant. Les ombres sont extrêmement nettes pour les fibres voisines de la rétine, plus estompées pour celles de ces fibres situées près de la capsule postérieure du cristallin ([1]). Regardant à travers un trou de 100^{μ} de diamètre j'ai observé avec attention l'aspect de fibres situées à peu près à mi-chemin entre la cornée et la rétine : leur ombre est très simple, on ne perçoit que deux bandes sombres un peu estompées qui suivent les contours du cylindre. J'ai constaté d'autre part que les fibres ont généralement un diamètre de 50^{μ} à 100^{μ} ([2]); elles avaient donc dans ces expériences un diamètre de même ordre de grandeur que celui du trou éclairé qui servait de source.

On doit admettre que ces fibres du corps vitré ont une transparence parfaite et un indice légèrement différent de celui du liquide qui les baigne ;

([1]) Cette proximité plus ou moins grande de la rétine est décelée par l'amplitude plus ou moins grande du mouvement de l'ombre quand on déplace le trou : on peut assez bien localiser une fibre en profondeur.

([2]) Pour obtenir ce diamètre, il suffit de faire coïncider l'ombre perçue d'une fibre avec l'image donnée par l'autre œil d'une règle graduée située à distance connue ; puis d'appliquer un facteur de réduction convenable si la fibre est éloignée de la rétine.

qu'elles ont aussi une dispersion très voisine de celle du liquide (car l'ombre n'est nullement colorée). J'ai pensé qu'une tige de verre plongée dans un liquide d'indice très voisin porterait une ombre analogue à celles ci-dessus observées, à condition d'opérer en lumière monochromatique (précaution nécessaire parce que, au voisinage de l'égalité d'indice, le liquide possède une dispersion beaucoup plus forte que le verre). La source était une lampe à décharge dans la vapeur de sodium, placée derrière une fente verticale réglable. Une tige verticale cylindrique de verre taillé, plongée dans une cuve à faces parallèles contenant un liquide d'indice réglable [1] portait ombre sur un écran de verre dépoli. Un prisme taillé dans le même verre que la tige, plongé dans le liquide à côté de la tige, donnait à chaque instant, par la déviation qu'il imprimait au faisceau [2], la différence d'indice entre la tige et le liquide. J'ai constaté que la tige porte une ombre formée de deux lignes sombres quand son indice est un peu supérieur à celui du liquide ; si l'indice de la tige est un peu inférieur, l'aspect est très différent : l'ombre est uniforme, plus pâle, et remplit tout l'intérieur de la projection de la tige. Toute ombre disparaît, naturellement, quand les indices sont bien égaux.

Pour préciser d'avantage, j'ai donné à la fente une largeur égale au diamètre de la tige et j'ai placé la cuve à mi-chemin entre la fente et l'écran dépoli. J'ai constaté dans ces conditions (qui reproduisent celles de l'expérience faite sur l'œil), que l'ombre devient nettement visible pour une différence relative d'indice de 3/10000 [3] ; mais que pour avoir un aspect comparable à celui des ombres couramment portées sur la rétine il faut une différence relative d'indice environ 10 fois plus forte que ce minimum.

En rapprochant les observations faites d'une part sur l'œil, d'autre part sur le modèle optique réalisé, on peut conclure ce qui suit :

1° Les fibres du corps vitré, parfaitement transparentes, sont d'un indice supérieur à celui du liquide vitréen.

2° La différence relative d'indice entre les fibres et le liquide peut n'être que de 3/10000 pour certaines fibres juste perceptibles; toutefois, cette différence relative doit être de l'ordre de 3/1000 pour la plupart des fibres perçues.

---

(1) Mélange de sulfure et tétrachlorure de carbone.

(2) Déviation mesurée au goniomètre.

(3) Quotient de la différence d'indice par l'indice; l'indice du verre était en fait 1,520.

On doit enfin signaler que souvent l'ombre portée par une fibre vitréenne est un peu plus complexe que celle ci-dessus décrite et semble correspondre à une structure de la fibre par couches concentriques d'indice différent. Ce point fera l'objet d'études ultérieures.

PHYSIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Étude interférométrique de la réfraction du sérum sanguin en fonction de la concentration.* Note [1] de M. **R. Jonnard**, présentée par M. Paul Portier.

Nous avons entrepris, au moyen de notre réfractomètre interférentiel [2], une étude précise de la variation de l'indice de réfraction du sérum sanguin en fonction de sa concentration, la dilution étant effectuée avec de l'eau distillée.

Étant donné la précision des mesures, permettant de tenir compte de variations de 1 à 2 unités de la sixième décimale, il a été nécessaire de connaître très exactement les concentrations. Pour cela les mesures des volumes des liquides employés ont été faites par pesée au 1/5 de milligramme près, et détermination dans chaque cas de la densité à la température de l'expérience, les pesées étant naturellement affectées des corrections habituelles. Il a été ainsi possible de mesurer au 1/1000 de centimètre cube les volumes, et de connaître les concentrations à 0,1 pour 100 près sur des quantités de liquide de l'ordre du centimètre cube. Au cours d'une série de mesures sur un même échantillon de sérum, la température restait constante à 1/10 de degré près.

Cette étude préliminaire, portant sur 7 sérums humains provenant de sujets en bonne santé apparente, nous a donné, en l'absence de toute dilution, des indices de réfraction très voisins les uns des autres et compris entre 1,349025 et 1,351320, les chiffres classiquement admis comme limites des variations normales étant 1,3490 et 1,3520.

L'influence de la concentration est visible sur le tableau suivant (température comprise entre 18 et 19° pour les différents sérums) :

---

(1) Séance du 22 juin 1936.

(2) R. Jonnard, *C. R. Soc. Biol.*, 122, 30 mai 1936, p. 396.

Sérum........	100 %.	83,8 %.	77,5 %.	64,2 %.	50 %.	22,2 %.
I..........	1,349936	1,347800	1,347000	1,345290	1,343400	1,339881
II.........	1,349783	1,345420	1,343750	1,342290	1,336500	1,333200
III........	1,351320	1,347480	1,346582	1,344820	1,340822	1,334673
IV........	1,349025	1,347350	1,346740	1,345412	1,343921	1,340910
V.........	1,349750	1,346370	1,345121	1,342481	1,349570	1,333820
VI........	1,349758	1,346377	1,345130	1,342489	1,339601	1,333850
VII.......	1,349860	1,346472	1,345228	1,342547	1,339710	1,333959

On peut faire les constatations suivantes :

1° Les sérums qui, à l'état pur, ont des indices très voisins, se différencient de plus en plus les uns des autres à mesure que la concentration baisse; les graphiques correspondants, à pentes très différentes, paraissent refléter la structure individuelle de ces sérums;

2° Pour tous, dans les limites de C° explorées, la variation de l'indice peut être représentée par une ligne droite. Si ces droites représentatives étaient prolongées vers l'axe des ordonnées, elles viendraient couper celui-ci en des points très différents et parfois très éloignés du point correspondant à l'indice de l'eau pure. Ce dernier fait nous a semblé important, car, théoriquement, c'est surtout aux faibles concentrations que l'on devrait s'attendre à rencontrer une ligne droite. Comme il est nécessaire que pour une concentration nulle, on trouve un indice égal à celui de l'eau pure, il faut penser que, pour des concentrations inférieures à celles envisagées ici, la dilution provoque dans le sérum une modification systématique de la structure physicochimique entraînant une variation non linéaire de l'indice.

Nous avons soumis ce dernier point au contrôle expérimental, en faisant sur quatre sérums de cheval et deux sérums de lapin, une douzaine de déterminations pour chacun d'eux, avec des concentrations comprises entre 0 et 40 pour 100. Dans tous les cas nous avons constaté que le graphique représentatif de l'indice en fonction de la dilution montre pour ces animaux, au voisinage de la concentration 20-30 pour 100, un brusque changement : entre 0 et cette concentration l'indice varie selon une courbe très peu arquée vers l'axe des abcisses. A noter que, souvent (mais non toujours) le sérum présente, au voisinage ou pour des concentrations un peu supérieures à 20 pour 100, un léger trouble correspondant sans doute à la floculation des globulines variées, signalée par Chanoz et Ponthus [1].

---

[1] *C. R. Soc. de Biologie*, 112, 1933, p. 883.

En définitive, l'indice du sérum varie selon une représentation linéaire pour les concentrations comprises entre 100 pour 100 et à peu près 20-30 pour 100. Pour des concentrations plus faibles seulement, la dilution semble entraîner une modification de sa structure physicochimique se traduisant par un changement dans l'allure de la variation de l'indice de réfraction, qui n'est plus relié à la concentration par une relation linéaire.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Un cas de β-glucoside non hydrolysable.* Note de MM. **Stig Veibel** et **Erik Nielsen**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

L'émulsine des amandes, comme on le sait, hydrolyse non seulement les β.*d*-glucosides mais aussi d'autres hétérosides, par exemple les β.*d*-galactosides et les α.*l*-arabinosides. D'un autre côté, l'action hydrolysante sur d'autres hétérosides, par exemple les β.*d*-mannosides et les β.*d*-fructosides est tellement faible qu'on se sent disposé à les considérer comme non hydrolysables par l'émulsine. Les nombres proportionnels des vitesses d'hydrolyse des phénol-hétérosides des 5 sucres mentionnés sont 0,29; 0,035; 0,022; 0,00005; 0,00005 ou 1; 0,12; 0,078; 0,0002; 0,0002 [1].

En considérant plusieurs hétérosides du même sucre on trouve aussi des différences considérables entre les vitesses d'hydrolyse. Par exemple Willstätter et Oppenheimer [2] indiquent que l'hélicoside (hélicine) est hydrolysé 600 fois plus vite que le méthyl-β.*d*-glucoside, ce qui est la plus grande différence de vitesses que nous avons trouvé rapportée jusqu'à présent dans la littérature.

Nous avons préparé le β.*d*-glucoside du triméthylcarbinol et nous avons examiné la vitesse d'hydrolyse de ce premier chaînon dans la série des alcools tertiaires.

Le glucoside a été préparé en partant de l'acétobromoglucose, du triméthylcarbinol et du carbonate d'argent. Le tétracétate du triméthylcarbinol-β.*d*-glucoside cristallise en jolies aiguilles avec P. F. 145-146° (corr.) et $[\alpha]_D^{20} = -19,3°$ (alcool, $c = 1,113$, $\alpha = -0,430°$).

Le tétracétate a été hydrolysé par le méthylate de sodium, selon

(1) Helferich, *Ergebnisse der Enzymforschung*, 2, 1933, p. 82.
(2) *Ztschr. physiol. Chem.*, **121**, 1922, p. 183.

Zemplén et Pascu ([1]). Le glucoside a été recristallisé dans l'acétate d'éthyle jusqu'à ce que son point de fusion soit constant, 164-166° (corr.). $[\alpha]_D^{20}$ est — 19,0° (eau, $c = 2,548$, $\alpha = -0,970°$).

Une expérience préliminaire ayant montré que la constante d'hydrolyse [k/e.(sal. f.)] sous l'influence de l'émulsine est de l'ordre de grandeur 10^{-4}, nous avons pris pour une nouvelle expérience une solution d'émulsine, contenant 0,8g environ de ce catalyseur dans 50cm³. Les prélèvements n'ont été faits que toutes les 24 heures.

La méthode employée a été la même que celle décrite par nous antérieurement ([2]), sauf que les prélèvements de 5cm³ ont été additionnés de 5cm³ de carbonate de potassium à 4 pour 100 au lieu de les additionner de 1cm³ de carbonate de potassium à 20 pour 100. Le pH est ainsi porté à 10,5, et le pouvoir rotatoire spécifique des solutions de glucose et des glucosides à ce pH est différent des valeurs à réaction neutre ([3]). Pour le glucose : $[\alpha]_D^{20} = +51°,6$ et pour le triméthylcarbinol-β.*d*-glucoside : $[\alpha]_D^{20} = -20°,0$. Le changement de rotation provenant de l'hydrolyse complète du glucoside est alors 0°,565.

Glucoside 0m,04 ; émulsine 0g,787 dans 50cm³ ; sal. f. = 0,044 ; 1cm³ toluène ajouté.

t (min.).	α-gluc.	α-émul.	x.	$c - x$.	$k.10^6$.
0........	—1,110°	—0,920°	—	0,565	—
1440........	—1,100	—0,920	0,010	0,555	5,4
2880........	—1,085	—0,920	0,025	0,540	6,8
4325........	—1,075	—0,920	0,035	0,530	6,4
5765........	—1,055	—0,915	0,050	0,515	7,0
7200........	—1,040	—0,910	0,060	0,505	6,8
10080........	—1,005	—0,900	0,085	0,480	7,0
17280........	—0,920	—0,870	0,140	0,425	7,2

k/e. (sal. f.) = 2.10^{-4}.

Le tableau montre qu'il y a eu hydrolyse, mais très lente. La valeur de la constante de vitesse, rapportée à l'unité de l'émulsine, est 2.10^{-4}. Étant donné que les changements de rotation observés sont très petits, l'exactitude de la détermination de la constante n'est pas très grande.

La constante de vitesse de l'hydrolyse des glucosides dépend de la

---

(1) *Ber. dtsch. chem. Ges.*, 62, 1929, p. 1613.

(2) Veibel, *Biochem. Journ.*, 28, 1934, p. 1733.

(3) Veibel et Eriksen, *Biochem. Journ.*, 30, 1936, p. 163.

concentration en glucoside. Plus grande est la concentration, plus petite est la constante d'hydrolyse, sans que les deux nombres soient inversement proportionnels. D'un autre côté, la constante de vitesse est directement proportionnelle à la concentration et à l'activité du ferment.

Pour comparer les constantes de vitesse de divers glucosides il faudra : 1° que la concentration en glucoside soit la même dans toutes les expériences; 2° que la concentration et l'activité du ferment employé soient connues. Comme concentration du glucoside nous avons choisi 0,04M. Les valeurs de l'expression k/e. (sal. f.) sont alors directement comparables.

Nous avons trouvé pour le méthylglucoside-β k/e.(sal.f.) $= 3,9.10^{-2}$ si l'on a ajouté du toluène [1], et nous venons de trouver pour le triméthylcarbinol-β-*d*-glucoside k/e.(sal.f.) $= 2.10^{-4}$. C'est-à-dire que la vitesse d'hydrolyse du méthylglucoside est à peu près 200 fois plus grande que celle du triméthylcarbinolglucoside. Helferich a trouvé [2] que la constante de vitesse d'hydrolyse des glucosides dits *non hydrolysables* est au maximum environ 1/200 de la constante de vitesse du méthylglucoside, c'est-à-dire la même valeur que nous avons trouvée ici pour le triméthylcarbinolglucoside, qui se range ainsi parmi les glucosides non hydrolysables.

Nous pensons que c'est le premier exemple d'un hétéroside du β-glucose non hydrolysable par l'émulsine.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur les hématines des cytochromes a.* Note de M. **Jean Roche** et de Mlle **Marie-Thérèse Benevent**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Depuis que Keilin, reprenant d'anciennes observations de Mac Munn, a défini les caractères des parahématines cellulaires désignées sous le nom de *cytochromes*, la multiplicité de ces corps dans la nature apparaît comme probable. Si le spectre de la plupart des tissus animaux et de quelques microorganismes contient les bandes des cytochromes typiques ($a = 6040$, $b = 5645$, $c = 5550$, $d = 5300$-5200 Å), celui de nombreuses bactéries et de certains tissus d'invertébrés en diffère notablement. Alors que b et c sont parfois fusionnées en b_1 (5570-5580 Å dans le muscle d'Actinies), a peut être soit décalée en a_1 (5870 Å dans certaines levures), soit

(1) Veibel et Eriksen, *Kgl. d. Vid. Slsk. math. fys. Medd.*, 13, n° 17, 1936.

(2) *Ergebnisse der Enzymforschung*, 11, 1932, p. 82.

dédoublée en a_1 et a_2 (5900 et 6280 Å dans le colibacille, les bactéries acétiques). Le but de cette Note est d'apporter quelques données sur le groupement prosthétique des cytochromes a, a_1 et a_2.

Les extraits pyridiniques de tissus animaux (muscles cardiaque et squelettique de Mammifère, muscle d'Actinies) ou végétaux (bulbe d'échalotte) et ceux de microorganismes (levures, bactéries acétiques, colibacille) possèdent, après réduction par l'hydrosulfite de sodium ou la cystéine, un spectre d'hémochromogène, que nous avons étudié par spectrophotométrie. Les courbes obtenues présentent, entre autres, une bande sur 5840-5860 Å. Déjà observée par Euler et Fink, Anson et Mirsky, Negelein sur les extraits de cellules contenant du cytochrome a typique (levure de boulangerie, cœur de Cheval), elle a été attribuée par eux à l'hémochromogène dérivant de ce pigment. Nous l'avons décelée dans tous les cas étudiés, que les cellules renferment le dérivé a ou a_1 lesquels ne coexistent pas. Tout se passe à cet égard comme si ces deux cytochromes avaient un groupement prosthétique très voisin ou identique. L'extrait pyridinique des cellules riches en composés a_1 et a_2, celui de *Bacterium coli communis* par exemple, présente en outre une absorption dans le rouge comportant deux maxima mal définis, vers 6000-6050 Å et 6200-6250 Å, qui paraissent appartenir à une ou à plusieurs autres hématines.

Nous avons essayé de préparer l'hémochromogène à bande située vers 5850 Å à partir du muscle cardiaque (Cheval), exceptionnellement riche en cytochrome a. Nous avons repris pour cela une technique mise au point par E. Negelein [1] dans le même but et permettant d'obtenir un hémochromogène caractérisé par *une* bande à 5870 Å dans le spectre visible et une forte absorption à 4300 Å. Quand on fait subir au procédé original diverses modifications, en particulier en opérant certains temps à 0°, et en ayant soin de conserver toujours dans le milieu une acidité suffisante, il est possible d'isoler du cœur une hématine nouvelle. Le spectre de l'hémochromogène pyridinique qui en dérive présente *deux* bandes, dont les sommets respectifs occupent 5800 et 5300 Å environ, et une troisième dans l'ultraviolet vers 4250 Å, caractéristique des pigments porphyriques. En milieu hydroacétonique neutre ou très faiblement alcalin, cette hématine se transforme rapidement en celle décrite par Negelein et dont l'hémochromogène

---

[1] *Biochem. Zt.*, 266, 1933, p. 412-416. Le produit obtenu par cette méthode est toujours souillé d'hématine ordinaire.

à bande unique dans le spectre visible a été décrit plus haut. Cette dernière qu'il nous a été possible de préparer pure, sans trace de protohématine, est donc un dérivé de la précédente (¹).

L'hématine que nous avons préparée nous paraît être celle existant dans les extraits de tissus, où elle est peut-être mélangée à celle de Negelein. Il y a tout lieu, étant donné les faits qui viennent d'être exposés, de la considérer comme le groupement prosthétique du cytochrome *a*, et sans doute aussi du corps a_1 de la même série de parahématines. Le spectre de son hémochromogène et celui du ferment respiratoire de Warburg, établi par voie photochimique dans les levures et les bactéries acétiques (Kubowitz et Haas), présentent une très grande analogie. Ainsi se trouve précisée l'existence d'une relation de constitution entre les cytochromes *a* et le ferment respiratoire, relation que de nombreux faits physiologiques faisaient pressentir sans préjuger de sa nature.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur l'utilisation des glucides dans le diabète expérimental.* Note (²) de MM. **Théophile Cahn** et **Jacques Houget**, présentée par M. Richard Fosse.

Des expériences antérieures nous ont montré que des extraits fermentaires de muscles de chiens diabétiques polymérisent le glucose et le glycogène et transforment directement et le glucose et le glycogène en acide lactique (³). Ces résultats nous amenaient à penser que l'animal diabétique utilise les hydrates de carbone tout comme l'animal normal. L'expérience directe devait être faite pour étendre à l'animal les résultats obtenus *in vitro* et pour poursuivre la dégradation des hydrates de carbone au delà du stade acide lactique où elle s'arrête dans nos expériences d'action fermentaire.

Nous avons chez des chiens réalisé la pancréatectomie totale en deux temps. Trois jours après l'ablation de la greffe nous prélevons un échan-

(¹) Signalons en outre que nous avons pu obtenir une hématine spectrophotométriquement très voisine de celle de Negelein en fractionnant les produits d'oxydation de la protohématine en solution pyridinique.

(²) Séance du 29 juin 1936.

(³) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 354 et 985.

tillon de sang, un lobe de foie et le muscle vaste externe. Les mêmes prélèvements sont faits après 1 heure à 1 heure 1/2 de contractions déterminées par des chocs d'induction.

L'analyse des prélèvements témoins montre que le muscle diabétique a une teneur en réducteur total et en acide lactique tout à fait du même ordre que le muscle normal. L'acide lactique du sang et du foie se trouve à la même concentration chez l'animal diabétique et chez l'animal normal. Alors que le foie du chien normal renferme souvent 3 à 4 pour 100 de glucides, le foie du diabétique n'en renferme qu'exceptionnellement 1,1 pour 100, les valeurs les plus courantes étant de 0,4 à 0,7 pour 100. La teneur en glucides du muscle diabétique, les teneurs en acide lactique du muscle, du sang et du foie diabétiques étant très comparables à celles de l'animal normal apportent une base solide à l'idée que l'animal diabétique utilise les hydrates de carbone comme l'animal normal. La preuve décisive de ce phénomène nous est fournie par l'analyse des tissus après un travail musculaire.

	Glucides.						Acide lactique.					
	Muscle		Foie		Sang		Muscle		Foie		Sang	
	témoin.	après travail.	témoin.	après travail.	témoin.	après travail.	témoin.	après travail.	témoin.	après travail.	témoin.	après travail.
Normal....	340	26	563	45	81	65	37	23	27	42	20	79
»	458	151	1970	1720	88	85	90	75	66	89	27	31
»	355	78	1100	172	53	52	160	91	22	134	32	71
Diabétique.	622	364	618	685	377	483	81	52	44	63	13	35
» .	485	196	460	528	427	576	178	134	103	153	52	69
» .	608	351	1185	1195	379	460	14	12	"	"	31	56

On peut en effet classer les résultats obtenus en deux catégories. La première, exactement superposable à ce qui se passe chez l'animal normal, montre l'utilisation périphérique des hydrates de carbone au cours du travail musculaire du diabétique : diminution des glucides musculaires, diminution de l'acide lactique musculaire et augmentation de l'acide lactique sanguin et hépatique. La seconde catégorie se différencie complètement de ce que l'on observe chez l'animal normal : on note en effet une très forte augmentation de la glycémie et l'augmentation du glycogène hépatique au lieu de sa fonte habituelle. Ces résultats montrent qu'au cours d'une augmentation de l'activité métabolique il y a, dans l'organisme diabétique, une formation intense de glucides.

En conclusion l'animal diabétique, tout comme l'animal normal, accumule des réserves d'hydrates de carbone dans ses muscles, les utilise au cours du travail en les transformant en acide lactique qui est oxydé *in situ* ou transporté au foie. Du point de vue de l'utilisation périphérique des glucides on peut dire que l'animal diabétique est un animal normal. Contrairement à l'animal normal, le diabétique ne met en réserve dans son foie que de faibles quantités d'hydrates de carbone; c'est peut-être pour cette raison qu'il est incapable de maîtriser les glucides formés constamment au cours de son métabolisme, défaillance qui se traduit par l'hyperglycémie et la glucosurie.

IMMUNOLOGIE. — *Sur un nouveau procédé de vaccination charbonneuse.* Note de MM. **Gaston Ramon** et **André Staub**, présentée par M. Félix Mesnil.

Cherchant à appliquer à la vaccination charbonneuse la méthode que l'un de nous a fait connaître dès 1925 et qui consiste à additionner les anatoxines de substances non spécifiques, ou à les enrober dans des corps gras, dans le but d'augmenter la production des antitoxines, nous avons montré qu'une seule injection de vaccin charbonneux incorporé, par exemple dans la lanoline, procure aux animaux une immunité stable et de longue durée [1]. Bien que très efficace, ce mode de vaccination n'est pas sans présenter quelques inconvénients dans son application pratique : difficulté de préparation et emploi peu commode du vaccin enrobé, du fait du manque de fluidité de l'excipient.

Aussi avons-nous établi, après de nombreux essais portant, à l'heure actuelle, sur plus d'une centaine de moutons, une nouvelle formule de vaccination charbonneuse qui présente, sur la méthode pastorienne classique et sur des procédés plus récents, de sérieux avantages.

Selon le principe qui nous a guidés en matière d'immunisation antitoxique, nous avons ajouté au vaccin charbonneux, au cours de nos nouveaux essais, tantôt de la gélose, tantôt de l'alun, tantôt ces deux substances à la fois.

---

(1) G. Ramon et A. Staub, *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 241; *C. R. Soc. Biol.*, 119, 1935, p. 1073.

Notre vaccin est préparé à partir d'une culture richement sporulée de la bactéridie charbonneuse amenée au degré d'atténuation correspondant au *premier vaccin* de Pasteur, Chamberland et Roux, que l'on additionne soit de gélose dans la proportion de 2 pour 1000, soit d'alun dans la proportion de 1 pour 100 ou de 3 pour 100, soit de gélose et d'alun aux mêmes taux. Ce vaccin est inoculé dans le tissu conjonctif sous-cutané (face interne de la cuisse) des moutons sous le volume de $0^{cm^3},25$ [1].

Dans l'un de nos essais dont nous donnons ci-après les conditions de réalisation et les résultats, dix moutons âgés de 5 à 6 mois ont reçu l'injection unique ($0^{cm^3},25$) du vaccin sous différentes formes. Les réactions qui suivent cette injection sont variables : réactions générales rares présentant un caractère individuel, réactions locales au point d'inoculation apparaissant après 48 heures et consistant en un léger empâtement formant, dans la suite, un nodule du volume d'un grain de blé à celui d'un petit pois, quelquefois d'une noisette, qui disparaît plus ou moins vite. Au bout d'un temps variable, 4 jours, 6 jours, 8 jours après cette vaccination, les animaux ainsi vaccinés ont été éprouvés au moyen d'une injection de bactéridies virulentes.

Composition du vaccin.	Numéro des moutons.	Délai entre vaccination et épreuve.	Résultats de l'épreuve.
		jours	
Vaccin gélosé..............	61	8	Pas de réaction générale, survie
	62	8	Id.
Vaccin gélosé 1 pour 100 alun .	63	8	Id.
Vaccin gélosé 3 pour 100 alun .	64	8	Id.
Vaccin gélosé..............	65	6	Id.
	66	6	Id.
Vaccin gélosé 1 pour 100 alun .	67	6	Id.
Vaccin gélosé 3 pour 100 alun .	68	6	Id.
Vaccin gélosé..............	69	4	Réaction générale fugace, survie
Vaccin gélosé 1 pour 100 alun .	70	4	Réaction générale fugace, survie
Mouton témoin.............	49	–	Mort en 2 jours 1/2

(1) Dans la méthode pastorienne (inoculations successives du premier et du deuxième vaccin) comme dans les procédés qui en dérivent, la dose utilisée est, en général, de 1/8 de centicube. Mais nous savons par expérience personnelle que, dans la pratique vétérinaire, lorsque l'on effectue de nombreuses vaccinations, si la plupart des animaux reçoivent cette dose, certains n'en reçoivent qu'une minime fraction. C'est cette considération et d'autre part l'intention d'obtenir une immunité d'un degré aussi élevé que possible qui nous ont incités à doubler, en volume la dose vaccinale.

Ainsi, dès le cinquième jour après l'injection unique de vaccin, l'immunité est déjà effective; les moutons éprouvés quatre jours après leur vaccination sont en effet capables de résister à une infection expérimentale qui tue sûrement l'animal témoin non vacciné (1), ils présentent seulement à la suite de l'épreuve, une réaction générale qui se traduit par une simple élévation de température pouvant durer 48 heures sans autres troubles apparents. Les moutons éprouvés 6 à 8 jours après la vaccination sont parfaitement résistants.

Nous soulignerons ici la précocité de l'installation de l'immunité anticharbonneuse ainsi obtenue. Une précocité aussi grande est très importante du point de vue pratique; elle offre par ailleurs un intérêt théorique certain sur lequel nous reviendrons.

Ajoutons que plusieurs essais semblables à celui que nous venons de rapporter ont abouti aux mêmes résultats. De plus, d'autres essais nous ont montré que 6 et 8 mois après la vaccination, les animaux sont encore efficacement protégés contre l'infection expérimentale (2).

A la suite de ces essais, nous avons adopté, pour la pratique courante, la formule de l'injection unique du vaccin gélosé additionné d'alun (1 pour 100), qui est commode à appliquer et qui, tout en se montrant inoffensive, est capable de conférer au mouton une immunité très précoce, solide et durable contre l'infection charbonneuse.

La séance est levée à 16h10m.

E. P.

---

(1) A chacun de nos essais, nous avons inoculé la même dose de bactéridies virulentes à un animal témoin et toujours les témoins sont morts dans un délai variant de 36 heures à 2 jours et demi.

(2) Des moutons ainsi vaccinés ont pu dans la suite recevoir impunément de grandes quantités de bactéridies virulentes sous la peau puis dans les veines.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DE JUIN 1936.

Un savant français, Pierre Duhem, par HÉLÈNE PIERRE-DUHEM. Paris, Librairie Plon, 1936; 1 vol. 19cm.

Promenade Récréative au Pays d'Einstein, par M. VOLBERG. Paris, Gauthier-Villars, 1936; 1 fasc. 24cm.

Faune de France, par CH. JOYEUX et J. G. BAER. Paris, Librairie Paul Lechevalier et Fils, 1936; 1 vol. 25cm,5.

Les Fleurs de Jardins, par A. GUILLAUMIN, tome IV. Paris, Paul Lechevalier, 1936; 1 vol. 16cm.

Livre Jubilaire de M. Eugène-Louis Bouvier. Paris, Firmin-Didot et Cie, 1936; 1 vol. 28cm,5.

La Chance et les Jeux de Hasard, par MARCEL BOLL. Paris, Larousse, 1936; 1 vol. 20cm,5.

Les Travaux du Bureau scientifique nomographique de Moscou, par NIL GLAGOLEFF, extrait de l'*Enseignement mathématique*, XXXIVe Année, 1935, nos 5-6. Paris, Gauthier-Villars, et Genève, Georg et Cie, 1935.

La morphogenèse et les progrès récents de la biologie, par M. CAULLERY, Extrait de la *Revue suisse de Zoologie*, tome XLIII, no 16, Genève, Albert Kunding, 1936.

ERRATA.

—

(Séance du 27 avril 1936.)

Note de M. *Étienne Vassy*, Influence de la température sur le spectre d'absorption de l'ozone :

Page 1427, ligne avant le tableau, *au lieu de* à + 20° à celui à — 80°, *lire* à — 80° à celui à + 20°.

(Séance du 29 juin 1936.)

Note de M. *Georges Giraud*, Sur une classe générale d'équations à intégrales principales ;

Page 2125, ligne 1 de la note (¹), *au lieu de* 53, 1936, p. 140, *lire* 53, 1936, p. 1-40.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MERCREDI 15 JUILLET 1936.

PRÉSIDENCE DE M. JEAN PERRIN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** s'exprime en ces termes :

J'ai le vif regret d'annoncer à l'Académie le décès de notre Confrère **Frédéric Wallerant**, survenu samedi dernier après une longue et pénible maladie qui, depuis beaucoup de mois, le retenait loin de nous.

Né le 25 juillet 1858 à Trith-Saint-Léger près de Valenciennes, il avait enseigné tout d'abord au lycée de Marseille, à sa sortie de l'École Normale avec le titre d'agrégé. Puis il devint successivement professeur de Géologie et de Minéralogie à l'Université de Rennes, maître de conférences de Géologie à l'École Normale et enfin professeur de Minéralogie à la Sorbonne, en 1903. C'est là que vint le trouver la retraite. En 1907 il était entré à l'Académie, dans la Section de Minéralogie.

Si l'on met à part sa Thèse de doctorat ès sciences naturelles, consacrée à la géologie des Maures, l'œuvre scientifique de Wallerant est remarquablement homogène, consacrée exclusivement à l'étude de grandes questions de Cristallographie physique, elle peut être divisée en deux parties qui ont évolué avec le temps. L'une, récompensée en 1900 par l'attribution du prix Houllevigue, est surtout théorique et s'appuie sur des observations personnelles, l'autre est essentiellement expérimentale, tout en étant orientée par les mêmes préoccupations théoriques.

Ses conceptions cristallographiques sont empruntées à une idée géométrique de Schœnflies. Pour Bravais tout cristal est constitué par des molécules simples orientées parallèlement et disposées sur les nœuds d'un réseau de parallélépipèdes A ces molécules simples, Wallerant substitue

un édifice plus compliqué, sa *particule complexe* possédant une symétrie propre qui n'est pas celle du réseau. Cette particule complexe résulte elle-même du groupement, autour de certains éléments de symétrie, de particules fondamentales individuellement asymétriques.

Il a donné une nouvelle explication des macles produites par actions mécaniques; il a cherché à pousser plus loin que Mallard cette opinion que la symétrie de beaucoup de substances cristallisées se rapproche de celle du cube. On lui doit une théorie des groupements cristallins, à laquelle il est parvenu par des approximations successives; il a donné une classification rationnelle de ces associations.

Les groupements des cristaux d'une même substance l'ont conduit à discuter les cas nombreux, mais non systématisés, d'associations régulières de minéraux différents, c'est-à-dire du phénomène auquel, depuis lors, M. Royer a donné le nom d'épitaxie.

Il faut signaler une intéressante étude sur l'origine de la polarisation rotatoire du quartz, basée sur les propriétés de sa forme fibreuse, appelée quartzine par Michel Lévy et encore une étude intéressante sur la fluorine biréfringente du Bassin de Paris.

Les recherches expérimentales sont celles dans quoi notre confrère a donné le mieux la mesure de son esprit inventif. Elles se rapportent à trois groupes principaux de questions, l'*isomorphisme et le polymorphisme*, les *cristaux liquides*, les *groupements hélicoïdaux des corps cristallisés*.

Lecoq de Boisbaudran et plus tard Van't Hoff avaient proposé de considérer les sels isomorphes comme des solutions solides, bien que deux des caractères essentiels des dissolutions, la diffusion et la concentration n'aient pu être constatés en milieu cristallin. Wallerant en a trouvé des exemples dans les mélanges fondus d'azotate de potassium et d'ammonium, d'ammonium et de cæsium. D'autre part il a observé dans l'azotate d'ammonium la propriété fort rare de posséder un état stable identique dans deux intervalles de température très différents.

Dans les substances polymorphes, la transformation d'une forme dans une autre s'effectue, suivant les cas, d'après deux mécanismes distincts; tantôt l'édifice cristallin se détruit pour donner naissance à un autre, sans rapport avec le premier, tantôt, au contraire, la transformation s'effectue sans déformation morphologique du cristal original. Wallerant a montré que, dans ce dernier cas, à une température un peu inférieure à celle de la tranformation, des macles par actions mécaniques apparaissent dans le cristal de la forme initiale, leurs éléments de symétrie sont ou bien des

plans réticulaires qui vont devenir des plans de symétrie ou bien des rangées qui seront les axes binaires de la seconde forme, ce qui peut s'exprimer en disant qu'un plan diamétral de la particule cristalline de la première forme devient un plan de symétrie de la seconde.

Notre Confrère a été l'un des premiers, en France, à étudier les cristaux mous ou liquides de O. Lehmann. Il a perfectionné la technique de leur étude et fait sur eux des observations intéressantes difficiles à résumer en quelques mots. Pour lui, les cristaux liquides dépourvus de formes et de clivages, mais doués de biréfringence, diffèrent des cristaux, tels qu'on était habitué traditionnellement à les concevoir, en ce qu'ils ne présentent pas de répartition réticulaire; leurs particules complexes sont seulement orientées parallèlement. Ils se distinguent à leur tour des corps amorphes en ce que, dans ces derniers, la répartition parallèle n'existe pas.

La découverte par A. Michel-Lévy des *enroulements hélicoïdaux* de la calcédoine était restée le propre de ce minéral. Wallerant a été assez habile et assez heureux pour reproduire expérimentalement ce nouveau phénomène, en faisant cristalliser un grand nombre de substances organiques dans le produit de la fusion d'un corps doué du pouvoir rotatoire. Ces expériences ont démontré que l'enroulement est bien déterminé par la dissymétrie du dissolvant et il a proposé une explication théorique de ce fait.

Parmi ses travaux les plus récents, il faudrait signaler encore le perfectionnement qu'il a apporté aux recherches de Pocklington sur le pouvoir rotatoire découvert par celui-ci dans certains cristaux biaxes, puis des expériences qui lui ont permis d'obtenir une nouvelle modification cristalline de la glace isotrope et cubique, en refroidissant un mélange d'eau et d'alcool éthylique. Il s'agit là sans doute d'une des formes cristallines de la glace observée par Tammann sous haute pression; elle est rendue stable à la pression atmosphérique, par son mélange avec une forme isodimorphe de l'alcool.

Ce rapide exposé montre l'intérêt et l'importance de l'œuvre de notre Confrère. Il faut rappeler encore que professeur d'une très grande lucidité, il a fait école. Grâce à lui le laboratoire de minéralogie de la Sorbonne est devenu dans notre pays, le centre des études de cristallographie physique.

Sa mort laissera un grand vide à l'Académie. En son nom, j'exprime aux siens l'expression de notre vive sympathie.

Enfin, comme ancien normalien, je tiens à dire combien Wallerant a su donner dans cette École Normale un enseignement précieux. Je tiens à dire combien il savait être affectueux pour nos jeunes camarades dont il savait se faire aimer.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Alfred Rosenblatt**, professeur de l'Université de Cracovie, qui assiste à la séance.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur une nouvelle réaction colorée du cuivre et de l'urobiline*. Note (1) de MM. **Gabriel Bertrand** et **Louis de Saint-Rat**.

La chimie analytique possède un grand nombre de réactifs permettant de reconnaître la présence d'un sel de cuivre dissous dans l'eau, même à une grande dilution. C'est ainsi que le ferrocyanure de potassium, qui engendre un précipité rouge brun dans les solutions de concentrations moyennes, donne encore une coloration rougeâtre avec 1^{cm^3} d'une solution de cuivre au 1/200000 (à 5^{mg} par litre), donc avec 1/200 de milligramme de métal. Le réactif de Bach à la formaldoxime (2) est encore plus sensible, car il permet d'atteindre la dilution du millionième. Ces réactifs exigent la séparation préalable du cuivre de la plupart des autres métaux, avec lesquels ils fournissent aussi des réactions colorées.

Nous avons découvert et étudié un réactif supérieur aux précédents à la fois par sa spécificité, sa sensibilité et la facilité de son emploi : c'est l'urobiline en solution au millième dans l'alcool à 60°. Lorsqu'on ajoute quelques gouttes du nouveau réactif à une solution même très diluée de sel cuivrique, il se développe presque immédiatement une coloration allant du rose au pourpre, selon la teneur en cuivre. La coloration est rose autour de la teneur du millionième et déjà purpurine à la teneur du cent-millième.

Cette réaction, particulièrement sensible en milieu neutre, diminue progressivement d'intensité quand la concentration en ions hydrogène augmente. Lorsque le liquide dans lequel on veut rechercher une trace de cuivre est acide, comme cela se rencontre souvent dans la pratique des analyses, il convient de le neutraliser à peu près et d'y ajouter, si l'acidité restante est due à un acide minéral, un peu d'acétate de sodium.

La présence de l'alcool diminue l'influence des ions hydrogène et rend la réaction plus sensible. D'après nos essais, une proportion de 50 à 60 pour 100 d'alcool dans le mélange permet d'atteindre le maximum de sensibilité.

---

(1) Séance du 6 juillet 1936.

(2) Bach, *Comptes rendus*, 128, 1899, p. 363 et Denigès, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 895.

Nous avons essayé l'action de l'urobiline (¹), dans la proportion de 10 à 20 gouttes pour 10^{cm^3} de solution renfermant $0^{mg},1$ de métal, avec les sulfates ou chlorures d'aluminium, de baryum, de calcium, de cadmium, de cobalt, d'étain (stanneux), de fer (ferreux), de glucinium, de lithium, de magnésium, de manganèse, de nickel, d'or, de platine, de strontium et de zinc; avec le nitrate d'argent, l'arsénite et l'arséniate de sodium, l'émétique, l'alun de chrome et le chromate de potassium, l'alun ferrico-ammoniacal, le molybdate et le tungstate de sodium, enfin le vanadate d'ammoniac. Nous n'avons observé de coloration qu'avec le sel de cuivre. Dans la solution de sel de zinc, il est apparu, comme cela a été signalé depuis longtemps (²), une fluorescence verte, sans coloration du liquide. La réaction donnée par l'urobiline est donc très caractéristique de la présence du cuivre.

Lorsqu'on ajoute du ferrocyanure de potassium à une solution de sel de cuivre, il se produit, comme nous l'avons rappelé, un ferrocyanure rouge; avec une solution de sel de zinc, il se fait un ferrocyanure blanc. Mais, lorsqu'on verse le même réactif dans une solution contenant à la fois du cuivre et du zinc, les deux métaux étant dans la proportion, par exemple, d'une partie du premier pour quatre à cinq du second, le produit de la réaction n'est ni rouge, ni blanc, il est, comme l'ont reconnu Maquenne et Demoussy (³), de couleur bleue, et l'on peut se croire en présence d'une solution ferrique.

Nous avons cherché si une interférence de cette sorte se produisait avec l'urobiline, dans le cas, du moins, des métaux qui accompagnent le plus habituellement le cuivre. Nous avons fait agir le réactif organique sur des solutions contenant, dans 1^{cm^3} d'acétate de sodium décinormal, 1/100 de milligramme de cuivre et 1/10 de milligramme des métaux suivants : aluminium, baryum, calcium, cadmium, cobalt, fer ferreux, fer ferrique, magnésium, manganèse, nickel, strontium et zinc. Il n'y a eu de changement de coloration que dans le cas du fer présent à l'état ferreux. Bien que, chose curieuse, le sel ferreux seul ne se colore pas par l'urobiline, il

---

(¹) La substance dont nous nous sommes servis a été extraite avec un rendement d'environ 1^g par kilogramme de la matière fécale humaine. D'abord étudiée sous le nom de stercobiline, elle a, depuis, été reconnue identique à l'urobiline par C. J. Watson (*J. physiol. Chem.*, **233**, 1935, p. 39).

(²) M. Jaffe, *Virchows Archiv f. pathol. Anatom.*, **47**, 1869, p. 405.

(³) *Comptes rendus*, **168**, 1919, p. 489, et *Bull. Soc. chim.*, 4ᵉ série, **25**, 1919, p. 272. La réaction se produit en milieu acide.

intensifie, en la faisant virer au violet pourpre, la coloration du cuivre. Quand au zinc, il perd plus ou moins sa fluorescence, mais il n'altère pas la réaction colorée.

La nouvelle réaction n'est pas seulement très spécifique, elle est en même temps très sensible. Une série de mélanges a été préparée dans de petits tubes à essais de 10^{mm} de diamètre, contenant chacun $0^{cm^3},9$ d'une solution d'acétate de sodium décinormale dans l'alcool à 60° (13^g de sel cristallisé par litre) et $0^{cm^3},1$ d'une solution titrée de sulfate de cuivre; on a ajouté goutte à goutte à ces mélanges de la solution d'urobiline au millième dans l'alcool à 60° jusqu'à ce que la coloration rose n'augmente plus et qu'il y ait même, dans certains d'entre eux, un léger excès de ce réactif. La série de tubes comprenait ainsi :

Numéros des tubes.	1	2	3	4	5	6	7	8 ([a])
Quantités de cuivre (en mg).........	0,01	0,001	0,0005	0,0004	0,0003	0,0002	0,0001	0,0000
Quantités de réactif (en gouttes).....	4	2	2	2	1	1	1	1

([a]) Tube témoin.

Voici ce que l'on a observé lorsqu'on a ajouté l'urobiline : la coloration rose est apparue d'autant plus lentement que la dilution en cuivre était plus grande, immédiate ou presque immédiate dans les tubes 1 et 2, en un laps croissant de quelques secondes à quelques dizaines de secondes dans les tubes où la dose de métal diminuait de $0^{mg},0005$ à $0^{mg},0001$. Dans les tubes 3 et 4 la coloration rose s'est développée nette et pure dès la première goutte de réactif, elle a augmenté avec la seconde, mais en passant alors au rose orangé à cause d'un excès d'urobiline. Dans le tube 5, la réaction ayant été encore un peu moins rapide que dans les précédents, le liquide est resté jaune quelques secondes puis une teinte rose très nette a remplacé peu à peu et complètement celle de l'urobiline. Dans le tube 6, la réaction n'a pas consommé la totalité de l'urobiline et le liquide est devenu rose orangé. Enfin, dans le tube 7 la coloration s'est encore développée d'une façon assez manifeste pour être perçue directement, malgré l'excès de réactif; par comparaison avec le tube témoin, la différence était frappante. Un nouveau tube de même composition que le tube 7, avec $0^{mg},0001$ de cuivre, mais auquel on n'a ajouté que la valeur d'une demi-goutte d'urobiline, a fourni une réaction rose presque pure et facilement reconnaissable au premier examen.

Les colorations dues à l'action de l'urobiline sur les sels de cuivre sont d'intensités sensiblement proportionnelles aux concentrations métalliques, elles peuvent être conservées quelques jours et il est possible, en tenant compte des observations que nous avons rapportées, de les utiliser pour le dosage colorimétrique de très petites quantités de métal.

Enfin, si l'on considère la réaction par rapport à l'urobiline, on constate que l'intensité de la coloration obtenue n'est pas plus grande que celle de la substance organique. Le virage du jaune au pourpre peut donc servir seulement comme réaction d'identification.

En résumé, l'urobiline permet de déceler et même de doser colorimétriquement de très petites quantités de cuivre dissoutes dans l'eau, même en présence de métaux étrangers. La réaction est des plus sensibles, car elle se produit encore lorsqu'il n'y a qu'un dix-millième de milligramme du métal dans 1^{cm^3} de solution. Inversement les sels de cuivre peuvent servir comme réactif d'identification de l'urobiline.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la xylite pentacétique.* Note de M. Gabriel Bertrand.

L'intéressante synthèse de l'arabite *r* présentée aujourd'hui par M. Lespieau (voir ci-dessous) m'engage à publier la Note suivante sur la xylite pentacétique, utilisée comme référence par notre Confrère.

En 1891, j'ai mentionné, sans détail et sans pouvoir ajouter les constantes physiques du produit final, que la xylite, obtenue en réduisant le xylose ou sucre de bois par l'amalgame de sodium en présence de l'eau, peut être transformée en acide pentacétique lorsqu'on la chauffe à l'ébullition avec un excès d'anhydride acétique et un fragment de chlorure de zinc fondu [1].

La réaction, amorcée par un court chauffage, se déclare avec vivacité; lorsqu'elle est calmée, on la ranime en chauffant de nouveau, et ainsi plusieurs fois jusqu'à ce qu'on arrive à maintenir le liquide en ébullition tranquille sur la flamme pendant quelques minutes. On laisse alors refroidir et l'on verse le liquide en filet mince dans 10 à 20 fois son poids d'eau glacée, en agitant fortement au fur et à mesure. Il se sépare un sirop dense d'ester acétique, encore imprégné d'anhydride, tandis qu'une partie du

---

[1] *Bull. Soc. chim.*, 3e série, 5, 1891, p. 554; aussi *Le xylose ou sucre de bois* (Thèse de Pharmacie, Paris, 1894).

produit passe en solution dans l'eau avec l'acide acétique et le chlorure de zinc. On transvase le tout dans une ampoule à robinet, avec un peu de chloroforme qui sert d'abord à enlever le sirop adhérent aux parois du verre dans lequel on a fait la précipitation. On agite : le chloroforme s'empare de l'ester, de la xylite, précipité ou dissous, tandis que l'eau hydrate l'excès d'anhydride et retient l'acide acétique formé. On remplace l'eau une ou deux fois pour compléter le lavage. Inversement, on épuise une ou deux fois la première eau de lavage avec du chloroforme. Enfin, on réunit les solutions choroformiques, on les filtre et l'on fait évaporer le dissolvant. Il reste un sirop épais, incolore, répondant assez bien, comme je l'ai indiqué autrefois, à la formule $C^5H^7(C^2H^3O^2)^5$.

Avec le temps (environ trois années) des cristaux sont apparus en plusieurs points du sirop; je les ai répartis dans la totalité avec un agitateur et, peu à peu, le sirop a pris l'aspect et la consistance du miel cristallisé. Par un lent essorage sous vide, puis à la presse, près de la moitié en poids de ce miel est restée sous la forme d'une masse dure et cassante d'ester. La masse a été broyée au mortier, mise en pâte avec un peu d'alcool à 60 pour 100 et remise sous pression entre des épaisseurs de papier à filtre. Le gâteau restant a été dissous à chaud dans l'alcool à 95 pour 100, la solution filtrée, additionnée d'un peu d'eau et abandonnée à la cristallisation. Celle-ci s'est effectuée rapidement. Les cristaux ont été essorés à la trompe et purifiés par de nouvelles cristallisations, jusqu'à point de fusion constant.

L'ester est alors en paillettes nacrées, parfaitement blanches, fondant sur le bain de mercure à +60°. Le dosage des groupes acétyles a été fait par saponification en solution alcoolique avec de la soude titrée; il a donné les résultats suivants :

Poids de substance analysée....	$0^g,280$	$0^g,252$
Soude N/10 fixée..............	$38^{cm^3},30$	$34^{cm^3},70$
$C^2H^3O^2$ correspondant (%).....	81,34	81,23

le chiffre calculé pour $5C^2H^3O^2$ est 81,49 pour 100.

Quant au pouvoir rotatoire, recherché sur une solution renfermant $1^g,0085$ dans 25^{cm^3} d'alcool à 95 pour 100, l'épaisseur de la colonne traversée par le faisceau lumineux étant de 30^{cm}, il a été trouvé nul, conformément à la prévision théorique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse de la r arabite.*
Note de M. **Robert Lespieau.**

La synthèse a pénétré par des chemins très divers dans le groupe des sucres à six atomes de carbone; il n'en est pas de même pour le groupe des sucres en C^5, que l'on n'a guère atteint que par dégradation des hexoses. J'ai cherché, dès 1933, à faire au contraire dans ce domaine des synthèses par voie ascendante, et le premier résultat a été l'obtention d'une diméthyline $CH^3OCH^2.(CHOH)^3.CH^2OCH^3$ que nous avons préparée, M. Wiemann et moi [1], et dont nous n'avons pas déterminé la structure spatiale, mais qui très probablement dérive de l'adonite.

Peu de temps après je suis arrivé à la pentacétine de la *r* arabite par le chemin suivant : action ménagée du dichlorure d'acroléine sur le dimagnésien mixte de l'acétylène, en vue d'obtenir la dichlorhydrine 1, 2 de la glycérine acétylénique $CH^2OH.CHOH.CHOH.C \equiv CH$, passage de cette dichlorhydrine à une épichlorhydrine, hydratation de celle-ci, ce qui donne la monochlorhydrine 1 [2], corps cristallisé fondant à 41°; transformation en triacétine, hydrogénation modérée de cette dernière (en présence du palladium de Bourguel) d'où obtention d'une triacétine éthylénique, fixation de deux oxhydriles (par le chlorate d'argent en présence d'acide osmique) ce qui conduit à la triacétine 1, 2, 3 d'une pentite, et enfin transformation de celle-ci en pentacétine.

Comme aucune des triacétines utilisées n'a été obtenue cristallisée, on n'est pas certain qu'elles ne renferment pas deux diastéréoisomères, mais le liquide obtenu lors de la préparation de la pentacétine a cristallisé pour moitié environ. Ce sont ses cristaux qui constituent la pentacétine de la *r* arabite.

Voici quelques données relatives aux corps obtenus dans ce travail :

Triacétine acétylénique : $CH^2OCOCH^3.(CHOCOCH^3)^2.C \equiv CH$. — Éb. 149°,5-150°,5 sous 9mm, à 24°,5, $d = 1,1436$, $n_D = 1,445$, R. M. 56,27; théorie, 55,96.

Triacétine éthylénique : $CH^2OCOCH^3.(CHOCOCH^3)^2.CH = CH^2$. — Éb. 148°-149° sous 14mm, à 22°,5, $d = 1,1778$; $n_D = 1,4418$. R. M. 57,73; théorie, 57,49.

Triacétine de pentite : $CH^2OCOCH^3.(CHOCOCH^3)^2.CHOH.CH^2OH$. — N'a pas été distillée. Telle quelle à 22°, $d = 1,12363$, $n_D = 1,460$. R. M. 61,59; théorie, 61,81.

---

(1) Lespieau et Wiemann, *Comptes rendus*, 195, 1933, p. 245.
(2) Lespieau, *Bull. Soc. Chim.*, 4e série, 43, 1928, p. 658.

Pentacétine de la r arabite :



$$CH_2OCOCH_3.(CHOCOCH_3)_3.CH_2OCOCH_3.$$

Cristaux blancs notablement plus solubles à chaud qu'à froid dans l'alcool méthylique, ce qui permet de les purifier. Fusion au tube capillaire 96°-96°,5. Analyse : C 49,71; H 5,98; théorie 49,72 et 6,07. Poids moléculaire par cryoscopie acétique, pour un abaissement de 0°,54, 364; théorie 362. Dosage d'acide acétique par saponification barytique : 83,2 pour 100; théorie 82,8.

Ces données montrent bien que l'on est en présence d'une pentacétine de pentite, mais il restait à savoir de quelle pentite.

On ne trouve dans les traités récents aucune mention de pentacétine de pentite. Aussi m'étais-je mis en route pour en préparer et pour commencer avais-je attaqué l'adonite par l'anhydride acétique. Je n'ai eu ainsi qu'un sirop, qui au bout de plusieurs mois n'avait par cristallisé, bien que je l'aie ensemencé à plusieurs reprises avec des germes fondant à 96°.

D'autre part M. Gabriel Bertrand, qui, lors de sa découverte de la pentacétine de la xylite (voir la Note ci-dessus), l'avait obtenue sous forme de sirop ([1]), m'apprit qu'au bout de plusieurs années ce sirop s'était mis à cristalliser, et que le point de fusion du corps pur était 60°.

Il ne restait plus qu'une hypothèse possible, c'était que j'avais fait la synthèse de la pentacétine de l'arabite, la *r* naturellement. En vue de la vérifier je me disposais à faire de cette pentite, ce qui aurait nécessité un gros travail, lorsque j'eus connaissance d'un mémoire qui m'avait échappé : deux chimistes japonais ([2]) MM. Yasuhiko Asahina et Masaiti Yanagita, en 1934, ont reconnu chez certains lichens la présence d'arabite *d*. En vue d'identifier celle-ci, ils l'ont mélangée équimoléculairement avec de l'arabite *l*, et ils ont reconnu que le mélange possédait bien le point de fusion connu de l'arabite *r*. Or ils ont eu la bonne idée de faire la pentacétine de celle-ci et ils ont trouvé qu'elle fondait à 95°. L'identification de la pentacétine que j'ai obtenue est donc faite par cela même. Celle-ci est d'ailleurs facilement saponifiable.

---

(1) *Ber. d. ch. Ges.*, **67**, 1934, p. 799.

(2) *Bull. Soc. Chim.*, 3e série, 5, 1891, p. 556.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur quelques propriétés extrémales des intégrales successives (correction).* Note [1] de M. **Serge Bernstein**.

Dans une Note [2] j'ai cherché la borne supérieure exacte M_n de $|f(x)|$ lorsque la fonction $f(x)$ satisfait aux conditions

$$\int_0^{2\pi} f(x)\,dx = 0, \qquad f^{(k)}(2\pi) = f^{(k)}(0) \quad (k = 0, 1, \ldots, n-1)$$

et

$$|f^{(n)}(x)| \leqq 1 \qquad (0 \leqq x \leqq 2\pi).$$

J'ai montré à l'endroit cité que, pour $n = 2s+1$, on a

$$M_n = \frac{4}{\pi}\sum_0^\infty \frac{1}{(2h+1)^{n+1}} \qquad (n = 2s+1).$$

Après avoir indiqué la fonction $F_n(x)$ qui fournit la solution pour $n = 2s+1$, j'ai observé que cette même fonction résout également un autre problème analogue *pour n quelconque* que j'avais résolu antérieurement, et l'extremum correspondant $L_n = M_n$. Ce dernier problème pour n pair $(n = 2s)$ a pour solution

$$L_n = \frac{4}{\pi}\sum_0^\infty \frac{(-1)^h}{(2h+1)^{n+1}} \qquad (n = 2s).$$

Par une grossière inadvertance, sur laquelle M. J. Favard a bien voulu attirer mon attention, j'ai affirmé dans la Note citée que *pour* $n = 2s$ la fonction $F_n(x)$ ne fournit plus la solution du problème posé au début et j'ai donné une valeur inexacte pour M_n dans ce cas. En réalité, on a $M_n = L_n$ pour n quelconque, comme l'a démontré M. J. Favard.

M. **Charles Poisson** fait hommage à l'Académie de sa *Documentation statistique sur les cyclones malgaches*.

M. **Paul Pelseneer** fait hommage à l'Académie d'un fascicule des *Mémoires du Musée royal d'histoire naturelle de Belgique* publié sous le titre *Mélanges* Paul Pelseneer.

---

(1) Séance du 29 juin 1936.

(2) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1900.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° C. Brasart, J. Alquier, P. Berthault, P. Caziot, E. de Felcourt, Fudakowski, P. de Monicault, R. Picard. *La Propriété rurale.*

2° Fernand Blanchet. *Étude géologique des Montagnes d'Escreins* (Hautes-Alpes et Basses-Alpes).

M. le **Ministre de la Défense nationale et de la Guerre** invite l'Académie à lui désigner deux de ses membres qui feront partie du *Conseil de perfectionnement de l'École Polytechnique* pendant l'année scolaire 1935-1936.

ARITHMÉTIQUE. — *Sur certaines propriétés caractéristiques des nombres algébriques.* Note de M. **Charles Pisot.**

Cette Note a pour but de montrer que les nombres algébriques peuvent être caractérisés par l'existence d'une suite infinie d'approximations rationnelles. Dans tout ce qui suit nous désignons par a_0, a_1, ..., a_n, ... des entiers rationnels appartenant à une suite A, par b_1, ..., b_r; c_0, ..., c_k; d_0, ..., d_k des entiers rationnels. θ est un nombre réel positif inférieur à 1, et C une constante ou un polynome en n. Enfin nous désignons par ρ un entier algébrique de module supérieur à 1, dont tous les conjugués sont, en module, inférieurs à 1 (ρ est donc réel).

Lemme I. — *La condition nécessaire et suffisante pour que les entiers d'une suite* A *vérifient, quel que soit n, les conditions*

$$|\alpha_0 a_{n+k} + \alpha_1 a_{n+k-1} + \ldots + \alpha_k a_n| \leqq C\theta_n$$

est que les a_n soient liés par une relation de récurrence

$$a_{n+r} + b_1 a_{n+r-1} + \ldots + b_r a_n = 0$$

et que les équations

$$(1) \qquad \alpha_0 x^k + \alpha_1 x^{k-1} + \ldots + \alpha_k = 0,$$

et

(2) $$x^r + b_1 x^{r-1} + \ldots + b_r = 0,$$

aient les mêmes racines de module supérieur à θ, *avec le même ordre de multiplicité.*

L'équation (1) a ainsi au moins une racine qui est un entier algébrique de module supérieur à 1, car il en est ainsi de l'équation (2); et toutes les racines de l'équation (1) de module supérieur à θ sont des entiers algébriques.

Ce lemme I est équivalent au

Lemme II. — *La condition nécessaire et suffisante pour qu'il existe une solution* u_n *de la relation de récurrence* $\alpha_0 u_{n+k} + \alpha_1 u_{n+k-1} + \ldots + \alpha_k u_n = 0$, *telle que* $|u_n - a_n| \leqq C\theta^n$, *est que les racines de module supérieur à* θ *de l'équation* (1) *soient des entiers algébriques.*

Le lemme II appliqué à la relation de récurrence : $u_{n+1} - \alpha u_n = 0$ nous donne le résultat de notre Note précédente [1]; α est un entier ρ. La démonstration du lemme I est basée sur la considération de la série

$$f(z) = \sum_{n=0}^{\infty} (\alpha_0 a_{n+k} + \alpha_1 a_{n+k-1} + \ldots + \alpha_k a_n) z^{n+k}$$
$$= R(z) + (\alpha_0 + \alpha_1 z + \ldots + \alpha_k z^k) \sum_{n=0}^{\infty} a_n z^n,$$

$R(z)$ étant un polynome en z, $f(z)$ est régulier dans le cercle $|z| < 1/\theta$, donc la série $\sum_{n=0}^{\infty} a_n z^n$ est prolongeable au delà du cercle $|z| = 1$. D'après les théorèmes de M. Borel [2] et Fatou [3], $\sum_{n=0}^{\infty} a_n z^n$ représente une fraction rationnelle $P(z)/Q(z)$, avec $Q(z) = 1 + b_1 z + \ldots + b_r z^r$, d'où le lemme. On peut d'ailleurs remarquer que l'introduction de la variable z n'est pas essentielle.

Ces lemmes vont nous donner des conditions nécessaires et suffisantes pour qu'un nombre soit algébrique.

Théorème I. — *Si l'on peut trouver une suite* A *permettant de former des*

---

(1) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 892.

(2) *Bulletin des sciences mathématiques*, 18, 1894, p. 22.

(3) *Acta mathematica*, 30, 1906, p. 368.

entiers p_n, q_n, toujours positifs, par des formules du type

$$p_n = c_0 a_n + c_1 a_{n+1} + \ldots + c_k a_{n+k}; \qquad q_n = d_0 a_n + d_1 a_{n+1} + \ldots + d_k a_{n+k},$$

tels que pour tout n $|p_n - \alpha q_n| \leqq C/q_n^\varepsilon$ $\varepsilon > 0$, *α est algébrique et réciproquement.*

Dans le cas particulier où $p_n = a_{n+1}$, $q_n = a_n$, le nombre α est un nombre ρ. On peut montrer que le degré de α ne peut alors pas dépasser $1 + 1/\varepsilon$.

Comme dans tout corps algébrique il y a des entiers ρ, on peut énoncer le théorème suivant :

Théorème II. — *Une condition nécessaire et suffisante pour que le nombre α soit algébrique, c'est que l'on puisse trouver un polynome à coefficients entiers* $H(\alpha)$ *et une suite* A *tels que, pour tout n,*

$$|a_{n+1} - H(\alpha) a_n| \leqq \frac{1}{a_n^\varepsilon} \qquad (\varepsilon > 0).$$

Le degré de α ne peut dépasser $1 + 1/\varepsilon$.

Enfin ces propriétés donnent aussi un moyen de calculer assez rapidement des valeurs approchées d'un nombre algébrique, avec une précision aussi grande que l'on veut. D'abord, pour un nombre ρ,

$$\left|\frac{a_{n+1}}{a_n} - \rho\right| \leqq \frac{C\theta^n}{a_n} \qquad \text{donc} \qquad \left|a_{n+2} - \frac{a_{n+1}}{a_n} a_{n+1}\right| \leqq C'\theta^n$$

et à partir d'une certaine valeur de n, a_{n+2} est l'entier le plus voisin de a_{n+1}^2/a_n, ce qui permet même l'usage d'une table de logarithmes. L'erreur est de l'ordre de $(1/a_n)^{d/d-1}$, d étant le degré de ρ. On pourra alors calculer avec une même précision les valeurs approchées des diverses puissances de ρ, et ainsi tout nombre algébrique du même corps.

NOMOGRAPHIE. — *Sur les formes canoniques des équations d'ordre nomographique 6 et 5 représentables par des nomogrammes à échelles symétriques.* Note (1) de M. **Farid Boulad Bey**, présentée par M. Maurice d'Ocagne.

Je me propose de faire connaître ici des types de nomogrammes à points alignés constitués par deux échelles (z_1) et (z_2) (2) à supports distincts

(1) Séance du 6 juillet 1936.

(2) La notation adoptée ici est celle de M. d'Ocagne indiquée dans son *Traité de Nomographie*.

symétriques par rapport à un centre ou un axe et une échelle (z_3) curviligne ou rectiligne. Ce nouveau genre de symétrie nomographique, qui permet de placer deux échelles sur deux courbes symétriques, se rencontre dans la représentation des formes canoniques des équations d'ordre 6 et 5 anaurorphosables et même dans celle des formes d'ordre 4 représentables par un nomogramme à deux échelles superposées.

Ces formes sont les suivantes : La forme (1) ci-dessous d'ordre 6 représentable par trois types de nomogrammes à deux échelles (z_1) et (z_2) symétriques par rapport à l'origine O des axes des coordonnées XOY dans le premier type, à l'axe OX dans le deuxième et à l'axe OY dans le troisième. La forme (2) d'ordre 6 d'un type à deux échelles (z_1) et (z_2) symétriques par rapport à la bissectrice de $\widehat{XOY}$. Les deux formes (1 *bis*) et (2 *bis*) d'ordre 6 des types à deux échelles (z_2) et (z_3) portées sur un support commun symétrique de celui de l'échelle (z_1). La forme (3) d'ordre 5 de deux types. Les formes (4) et (5) d'ordre 5 d'un type chacune; l'échelle (z_3) étant rectiligne dans chacun des types des formes (3), (4) et (5).

Équations d'ordre 6. — Écrivons la forme canonique suivante, symétrique par rapport à f_1 et f_2 en changeant f_3 en $-f_3$ et g_3 en $-g_3$,

$$\frac{F(f_1)+f_3}{G(f_1)+g_3}=\frac{F(f_2)-f_3}{G(f_2)-g_3} \tag{1}$$

représentable par les trois types de nomogrammes précités définis par les trois transformées homographiques suivantes du déterminant générateur [1] de cette forme

$$\begin{vmatrix} F(f_1) & G(f_1) & 1 \\ F(f_2) & G(f_2) & -1 \\ f_3 & g_3 & -1 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} F(f_1) & 1 & G(f_1) \\ F(f_2) & -1 & G(f_2) \\ f_3 & -1 & g_3 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 & G(f_1) & F(f_1) \\ -1 & G(f_2) & F(f_2) \\ -1 & g_3 & f_3 \end{vmatrix} = 0.$$

Exemples d'application. — Si

$$F(f_i)=f_i \quad \text{et} \quad G(f_i)=f_i^2 \quad (\text{pour } i=1, 2),$$

---

(1) Les équations des échelles d'un nomogramme sont considérées ici définies en coordonnées x, y, t affectées respectivement à la première, deuxième, troisième colonne du déterminant correspondant à ce nomogramme.

on a la forme suivante :

$$(f_1+f_3)(f_2^2-g_3)=(f_1-f_3)(f_1^2+g_3);$$

les deux échelles (z_1) et (z_2) sont paraboliques dans les deux premiers types et hyperboliques dans le troisième.

Écrivons là deuxième forme canonique suivante d'ordre 6

$$\frac{F(f_1)+f_3}{G(f_2)+f_3}=\frac{G(f_1)+g_3}{F(f_2)+g_3} \tag{2}$$

ayant le déterminant générateur suivant :

$$\begin{vmatrix} F(f_1) & G(f_1) & -1 \\ G(f_2) & F(f_2) & -1 \\ f_3 & g_3 & 1 \end{vmatrix}=0,$$

dans ce type, les deux échelles (z_1) et (z_2) sont symétriques par rapport à la bissectrice de $\widehat{XOY}$.

Formes canoniques (1bis) *et* (2bis) *des équations d'ordre* 6 *et* 4 *réprésentables par des types nomogrammes à deux échelles* (z_2) *et* (z_3) *superposées et symétriques de l'échelle* (z_1). Si dans l'équation (1), on fait $f_3=F(f_3)$, $g_3=G(f_3)$; et dans l'équation (2), on fait $f_3=-G(f_3)$ et $g_3=-F(f_3)$ on obtient ces formes; les deux échelles (z_2) et (z_3) seront superposées dans chacun des types de nomogrammes représentatifs de ces deux formes. Le support commun à ces deux échelles est symétrique de celui de l'échelle (z_1). En outre, si ces deux échelles superposées sont coniques, ces deux équations deviennent de la forme d'ordre 4.

Équations d'ordre 5. — Écrivons la forme canonique suivante symétrique par rapport à f_1 et f_2 :

$$f_3=\frac{F(f_1)+F(f_2)}{G(f_1)+G(f_2)} \tag{3}$$

représentable par les deux types de nomogrammes définis par les deux transformées homographiques

$$\begin{vmatrix} F(f_1) & 1 & G(f_1) \\ F(f_2) & -1 & G(f_2) \\ f_3 & 0 & 1 \end{vmatrix}=\begin{vmatrix} 1 & F(f_1) & G(f_1) \\ -1 & F(f_2) & G(f_2) \\ 0 & f_3 & 0 \end{vmatrix}=0.$$

Les deux échelles (z_1) et (z_2) sont quelconques symétriques par rapport à

l'axe OX dans le premier type et à l'axe OY dans le deuxième, l'échelle (z_3) étant rectiligne dans ces deux types.

Exemple. — Si $F(f_i)=f_i^2$, $G(f_i)=f_i$ $(i=1, 2)$, on a la forme $f_3(f_1+f_2)=f_1^2+f_2^2$; les deux échelles (z_1) et (z_2) sont hyperboliques dans les deux types de nomogrammes. Si $F(f_i)=f_i$, $G(f_i)=1+f_i^2$ $(i=1, 2)$, on a la forme $f_1+f_2=f_3(2+f_1^2+f_2^2)$; les deux échelles (z_1) et (z_2) sont circulaires dans le deuxième type. La forme canonique (4) d'ordre 5 s'obtient en faisant $g_3=0$ dans la forme (1); les deux échelles (z_1) et (z_2) sont symétriques par rapport à l'origine O dans le premier type et à l'axe OY dans le troisième. La forme canonique (5) d'ordre 5 s'obtient en faisant $g_3=0$ dans la forme (2), les deux échelles (z_1) et (z_2) sont symétriques par rapport à la bissectrice de $\widehat{XOY}$.

Enfin, grâce à la transformation homographique introduite par M. d'Ocagne dans sa Nomographie, on peut, par des simples combinaisons des colonnes du déterminant d'un nomogramme, faire en sorte que les échelles changent de symétrie.

TOPOLOGIE. — *Directions, contingent et paratingent dans les espaces distanciés.* Note [1] de M. **Christian Pauc**, présentée par M. Élie Cartan.

Nous nous proposons d'étudier le contingent et le paratingent de M. Bouligand du point de vue de la topologie; à cet effet nous allons donner une généralisation naturelle de ces notions dans un espace distancié et nous en retrouverons quelques-unes des propriétés les plus remarquables.

Plaçons-nous donc dans un espace distancié H; désignons par $\delta(pq)$ la distance de deux de ses points p et q.

Espace des couples ordonnés de points distincts. — Nous considérons les couples *ordonnés* formés à partir de deux points quelconques mais *distincts* p puis q de H soit (p, q); leur ensemble sera désigné par $\mathcal{H}$. Nous l'organisons en classe limite de Fréchet en posant qu'une suite de couples (p_n, q_n) est convergente à savoir vers l'élément (p, q) de $\mathcal{H}$ dans le cas et seulement dans le cas où l'on a simultanément : $\lim_{n\to\infty} p_n = p$ et $\lim_{n\to\infty} q_n = q$. L'espace ainsi défini est un espace distancié; comme distance de deux de ses couples

[1] Séance du 29 juin 1936.

(p_1, q_1) (p_2, q_2) nous pourrions prendre : $\delta(p_1 p_2) + \delta(q_1 q_2)$, $\mathcal{H}$ est le *produit réduit* de H par H; il s'obtient à partir du produit ordinaire [1] $H \times H$ en en excluant les couples formés de points non distincts; cette exclusion entraîne de profondes différences dans la structure des deux ensembles; le théorème suivant suffit à le montrer :

THÉORÈME I. — *a.* K *étant un continu de l'espace distancié* H, *l'ensemble* $\mathcal{K}$ *de ses couples ordonnés de points distincts comprend au plus deux composants.*

b. La condition nécessaire et suffisante pour que $\mathcal{K}$ *possède deux composants, c'est que le continu* K *soit un arc.*

ESPACE DES DIRECTIONS. — Comme le fait M. Menger [2] en calcul des variations, attachons à tout couple (p, q) de points distincts de H un élément $\theta(p, q)$ emprunté à un ensemble Θ d'élément abstraits; $\theta(p, q)$ sera dit *la direction correspondant à* (p, q); elle est déterminée en fonction de p et q et de leur ordre. Par exemple, si l'espace H est un espace vectoriel, $\theta(p, q)$ pourra *éventuellement* être la direction de la droite joignant p à q. En vue d'applications topologiques, faisons les deux hypothèses suivantes ou *axiomes de la direction* : α, Θ *est un espace distancié;* β, *l'opérateur* θ *menant d'un couple à la direction que nous lui attachons est continu.* Nous appellerons désormais Θ, espace des directions attaché à H. Grâce à β, *s'interprètent en directions bien des propriétés topologiques du produit réduit d'ensembles de* H [3]; le théorème I légèrement complété deviendra :

THÉORÈME II. — *a.* K *étant un continu, l'ensemble* $\vartheta(K)$ *des directions correspondant à ses couples de points distincts possède au plus deux composants; il est toujours connexe lorsque* θ *vérifie* $\theta(p, q) = \theta(q, p)$;

b. Quand $\vartheta(K)$ *n'est pas connexe,* K *est un arc.*

Si H est le plan euclidien, l'hypothèse de la non-connexité de $\vartheta(K)$ équivaut à la suivante : Il existe une direction $y'y$ telle que toute droite parallèle à cette direction rencontre K en un point au plus. D'après II *b*, K est alors un arc, nous retrouvons une proposition connue de M. Bouligand [4]. Si H est l'espace euclidien à trois dimensions, l'hypothèse de la non-connexité de $\vartheta(K)$ est plus générale que celle de l'existence d'une

---

(1) Pour les propriétés topologiques du produit, non réduit, voir v. DANTZIG, *Fund. Math.*, 15, 1930, p. 117; KURATOWSKI et ULAM, *ibid.*, 19, 1932, p. 247.

(2) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1007.

(3) Et aussi du produit symétrique réduit où l'on considère les couples non ordonnés de points distincts; il suffira de prendre un θ vérifiant $\theta(p, q) = \theta(q, p)$.

(4) *Introduction à la Géométrie infinitésimale directe*, p. 53 et 54, Paris, 1932.

direction de plan Π, telle que tout plan parallèle à Π coupe K en un point au plus, II *b* constitue une généralisation de la proposition correspondante de M. Bouligand (*loc. cit.*, p. 75).

Contingent-Paratingent. — Soit μ un point de H, et M un ensemble $\subset$ H. Par contingent $\mathcal{C}_{M}(\mu)$ de M en μ nous entendons l'ensemble des éléments τ de Θ tels que pour chacun d'eux il existe une suite m_n de points de M convergeant vers μ avec : $\lim\limits_{n \to \infty} \theta(\mu, m_n) = \tau$. Par paratingent $\mathrm{P}_{M}(\mu)$ de M en μ, nous entendons l'ensemble des éléments π de Θ tels que pour chacun d'eux il existe deux suites p_n, q_n de points de M convergeant vers μ avec : $\lim\limits_{n \to \infty} \theta(p_n, q_n) = \pi$. Lorsque H est un espace euclidien pour retrouver la définition habituelle du contingent il faut supposer que $\theta(p, q)$ représente la direction de p vers q; au contraire dans le cas du paratingent $\theta(p, q)$ devra représenter la direction de la droite joignant p et q.

$\mathcal{C}_{M}(\mu)$ et $\mathfrak{P}_{M}(\mu)$ sont des ensembles fermés, toujours vides lorsque μ n'est pas point d'accumulation de M; *$\mathfrak{P}$ jouit de la semi-continuité supérieure d'inclusion* (*op. cit.*, p. 75), c'est-à-dire que μ_n étant une suite de points de H convergeant vers $\mu : \mathfrak{P}_{M}(\mu) \supset \lim\limits_{n = \infty} \sup \mathfrak{P}(\mu_n)$. Les deux notions introduites permettent de donner une *interprétation locale* du théorème II.

THÉORÈME III — *a. L'espace des directions Θ étant supposé compact, le paratingent d'un continu en un de ses points comprend au plus deux composants; ce sera toujours un continu lorsque θ vérifiera $\theta(p, q) = \theta(q, p)$* [1].

b. Si le paratingent d'un continu en un de ses points possède deux composants, un voisinage de ce point sur le continu est un arc.

Si H est un espace euclidien et si pour un moment on interprète $\theta(p, q)$ comme la direction de p vers p, *l'hypothèse de non-connexité du paratingent ainsi défini $\mathfrak{P}^*$* est dans le cas du plan équivalente à la suivante : *Le paratingent*, au sens habituel, *$\mathfrak{P}$ laisse échapper une direction*, et nous retrouvons ainsi indirectement le LEMME D'UNIVOCITÉ de M. Bouligand (*loc. cit.*, p. 79-80) relatif au cas du plan. Dans le cas de l'espace à trois dimensions l'hypothèse de la non-connexité de $\mathfrak{P}^*$ est plus générale que la suivante : $\mathfrak{P}$ laisse échapper toutes les directions d'un plan. Comme cas particulier de III-*b*, nous obtenons un lemme d'univocité de M. Bouligand relatif au cas de l'espace.

---

[1] Nous retrouvons comme cas particulier le théorème de M. Mirguet dans le cas euclidien (*Ann. Éc. Norm. sup.*, 3e série, 51, 1934, p. 216).

ÉQUATIONS DIFFÉRENTIELLES. — *Sur les équations différentielles du problème de la sélection mendélienne.* Note de M. **V. A. Kostitzin**, transmise par M. Vito Volterra.

Par un mécanisme qui nous échappe, des nouvelles mutations apparaissent et font la concurrence aux espèces déjà existantes. Il est possible d'améliorer les équations différentielles biologiques du type classique de façon qu'elles puissent rendre compte de la lutte pour la vie entre deux variétés ou deux races de la même espèce donnant des hybrides féconds. Considérons une population qui se compose d'emblée de deux groupes purs et d'un groupe hybride. Chacun de ces groupes a ses propres coefficients vitaux. Dans le cas d'une espèce homogène l'équation du problème a la forme logistique

$$p' = np - mp - \nu p^2 - \mu p^2 \tag{1}$$

en désignant par n et m les coefficients intrinsèques et par ν et μ, les coefficients limitatifs de fécondité et de mortalité. Dans le cas d'une espèce composée de trois groupes les coefficients de mortalité m et μ sont caractéristiques pour chaque groupe mais ne demandent pas de ménagements spéciaux. Les coefficients de fécondité n et ν peuvent varier dans les croisements selon l'appartenance des conjoints à un des trois groupes. Dans le cas le plus simple il existe neuf types de croisements s'il s'agit d'une espèce à deux sexes, et chaque type peut avoir sa fécondité particulière. Soient p_1 et p_2, les effectifs numériques de deux groupes purs, et p_3, celui du groupe hybride. Si les croisements entre individus de ces trois groupes ne sont soumis à aucune règle spéciale, le nombre de naissances provenant des croisements entre les groupes p_i et p_k devrait sans l'intervention des facteurs limitatifs être égal à $n_{ik}p_ip_k/p$, en posant

$$p = p_1 + p_2 + p_3.$$

Supposons que l'action de ces facteurs sur la femelle diminue la natalité n_{ik} de

$$\sigma_k = \nu_{1k}p_1 + \nu_{2k}p_2 + \nu_{3k}p_3$$

et que l'action analogue sur le mâle ait un effet analogue

$$\tau_i = \rho_{i1}p_1 + \rho_{i2}p_2 + \rho_{i3}p_3.$$

Dans ces conditions, le coefficient de fécondité corrigé prend la forme

$$N_{ik} = n_{ik} - \sigma_k - \tau_i. \tag{2}$$

D'autre part, la postérité, dans ces croisements, se distribue d'après les lois de Mendel. On a finalement les équations différentielles du problème

$$\tag{3} \left\{ \begin{aligned} p'_1 &= \frac{N_{11}p_1^2}{p} + \frac{(N_{13}+N_{31})p_1p_3}{2p} + \frac{N_{33}p_3^2}{4p} - m_1p_1 - p_1(\mu_{11}p_1 + \mu_{12}p_2 + \mu_{13}p_3), \\ p'_2 &= \frac{N_{22}p_2^2}{p} + \frac{(N_{23}+N_{32})p_2p_3}{2p} + \frac{N_{33}p_3^2}{4p} - m_2p_2 - p_2(\mu_{21}p_1 + \mu_{22}p_2 + \mu_{23}p_3), \\ p'_3 &= \frac{(N_{12}+N_{21})p_1p_2}{p} + \frac{(N_{13}+N_{31})p_1p_3}{2p} + \frac{(N_{23}+N_{32})p_2p_3}{2p} \\ &\quad + \frac{N_{33}p_3^2}{2p} - m_3p_3 - p_3(\mu_{31}p_1 + \mu_{32}p_2 + \mu_{33}p_3). \end{aligned} \right.$$

Si d'autres espèces habitent le même biotope, il faut compléter le système (3) par des équations et des termes nouveaux.

La discussion des équations (3) montre que :

1° dans le cas de conditions défavorables pour les hybrides survivra la race pure la plus nombreuse, et la nouvelle mutation sera vouée à une disparition rapide;

2° dans le cas de conditions très favorables pour les hybrides les trois groupes peuvent coexister et tendent vers un équilibre stable;

3° dans le cas où les hybrides occupent une situation intermédiaire entre les deux groupes purs survit seul le groupe pur à coefficients vitaux plus favorables.

Des inégalités entre les coefficients des équations (3) permettent de déterminer la nature de l'état limite du système.

MÉCANIQUE. — *Sur l'expression de l'énergie d'accélération.* Note de M. Gino Arrighi, présentée par M. Émile Jouguet.

Je me propose de donner ici une expression de l'énergie d'accélération d'un solide mobile dans le cas le plus général. L'accélération d'un point P est [1]

$$P'' = O'' + \beta(P - O),$$

---

[1] Voir R. Marcolongo, *Meccanica razionale*, Milano, 1918, I, p. 122.

où β est l'homographie vectorielle

$$\beta = \Omega' \wedge + [\Omega \wedge]^2$$

et Ω est le vecteur rotation. Il résulte de là que l'énergie d'accélération sera donnée par la formule

$$2S = \Sigma m [P'']^2 = \Sigma m [O'']^2 + 2\Sigma m \beta(P - O) \times O'' + \Sigma m [\beta(P - O)]^2.$$

Si μ est la masse du solide et G son barycentre on obtient

$$2\Sigma m \beta(P - O) \times O'' = 2\mu O'' \times \beta(G - O),$$

$$\begin{aligned} \Sigma m [\beta(P - O)]^2 &= \Sigma m [\Omega' \wedge (P - O)]^2 + \Sigma m [(\Omega \wedge)^2 (P - O)]^2 \\ &\quad + 2\Sigma m \Omega' \wedge (P - O) \times (\Omega \wedge)^2 (P - O) \\ &= - \Omega' \times \Sigma m [(P - O) \wedge]^2 \Omega' - \Omega^2 . \Omega \times \Sigma m [(P - O) \wedge]^2 \Omega \\ &\quad + 2\Omega \wedge \Omega' \times \Sigma m [(P - O) \wedge]^2 \Omega. \end{aligned}$$

Par conséquent,

$$\sigma = - \Sigma m [(P - O) \wedge]^2$$

étant la dilatation d'inertie du solide (*op. cit.*, II, p. 200), on a la formule

$$(1) \quad 2S = \mu [O'']^2 + 2\mu O'' \times \beta(G - O) + \Omega^2 . \Omega \times \sigma\Omega + \Omega' \times \sigma\Omega' + 2\Omega' \wedge \Omega \times \sigma\Omega.$$

En vertu de la relation

$$\Omega \times \sigma\Omega = 2T - 2O' \times R + \mu [O']^2,$$

où T est l'énergie cinétique et R est le vecteur cinétique, on a la formule

$$\begin{aligned} (2) \quad 2S &= \mu [O'']^2 + 2\mu O'' \times \beta(G - O) + 2\Omega^2 T^2 - 2\Omega^2 . O' \times R \\ &\quad + \mu \Omega^2 [O']^2 + \Omega' \times \sigma\Omega' + 2\Omega' \wedge \Omega \times \sigma\Omega. \end{aligned}$$

Il y a un cas particulier des relations (1), (2) qui doit être remarqué. Supposons $O \equiv G$; d'après les relations particulières

$$\sigma\Omega = M, \qquad \Omega \times M = 2T - \mu [G']^2,$$

où M est le moment cinétique, nous obtiendrons encore

$$(3) \quad 2S = \mu [G'']^2 + \Omega^2 . \Omega \times M + \Omega' \times \sigma\Omega' + 2\Omega' \wedge \Omega \times M,$$

$$(4) \quad 2S = \mu [G'']^2 + 2\Omega^2 T - \mu \Omega^2 [G']^2 + \Omega' \times \sigma\Omega' + 2\Omega' \wedge \Omega \times M.$$

Si dans la relation (1) nous posons $O'' = O$ (O fixe ou animé d'une vitesse constante en grandeur et en direction), nous avons

$$(*) \quad 2S = \Omega^2 . \Omega \times \sigma\Omega + \Omega' \times \sigma\Omega' + 2\Omega' \wedge \Omega \times \sigma\Omega.$$

En posant, dans (2), $O' = O$ (O fixe), on a la formule

$$(*) \qquad 2S = 2\Omega^2 . T^2 + \Omega' \times \sigma\Omega' + 2\Omega' \wedge \Omega \times \sigma\Omega.$$

Ces deux relations particulières (*) se trouvent dans une Note ([1]) de M. Platrier sur l'énergie d'accélération d'un solide mobile autour d'un point fixe.

L'interprétation des formules (1), (2), (3), (4) est évidente et elles permettent aisément le calcul numérique.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Recherches sur l'onctuosité des huiles minérales de graissage*. Note ([2]) de M. **Jean-Jacques Trillat** et de Mlle **Renée Vaillé**, présentée par M. Maurice de Broglie.

Nous avons décrit ([3]) une méthode permettant d'évaluer l'adsorption des composés actifs contenus dans une huile de graissage au contact de métaux. Les expériences effectuées avec de l'huile de paraffine pure contenant des quantités variables d'acide oléique montrent d'une façon indiscutable que les molécules possédant un moment électrique permanent (acide oléique) sont adsorbées sélectivement par des surfaces métalliques, et permettent d'évaluer la grandeur de cette adsorption.

Nous avons complété ces essais en faisant passer de l'huile de paraffine activée par de l'acide oléique sur des surfaces diverses (papier, mèches de coton, surfaces métalliques variées); d'autre part, nous avons appliqué ces résultats à l'étude et au contrôle d'huiles de graissage techniques.

A. Si l'on fait passer une quantité déterminée d'huile de paraffine contenant par exemple 1/3000 d'acide oléique sur un papier filtre ordinaire, on constate, d'après les courbes obtenues en mettant l'huile en contact avec de l'eau pure avant et après la filtration, que presque tout l'acide oléique est retenu par le papier; la comparaison avec la courbe d'étalonnage [voir Note précédente ([4])] montre que la concentration en acide est passée de 1/3000 à 1/20000. Ce résultat permet de calculer la quantité d'acide retenu par le papier, et se confirme rigoureusement pour d'autres concentrations;

([1]) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1405.
([2]) Séance du 29 juin 1936.
([3]) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 2134.
([4]) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1332.

connaissant la section de la molécule d'acide oléique (déterminée par les Rayons X ou par des mesures d'étalement sur l'eau), il devient ainsi possible de calculer la surface de l'adsorbant cellulose (figure 1), en supposant la couche d'adsorption monomoléculaire.

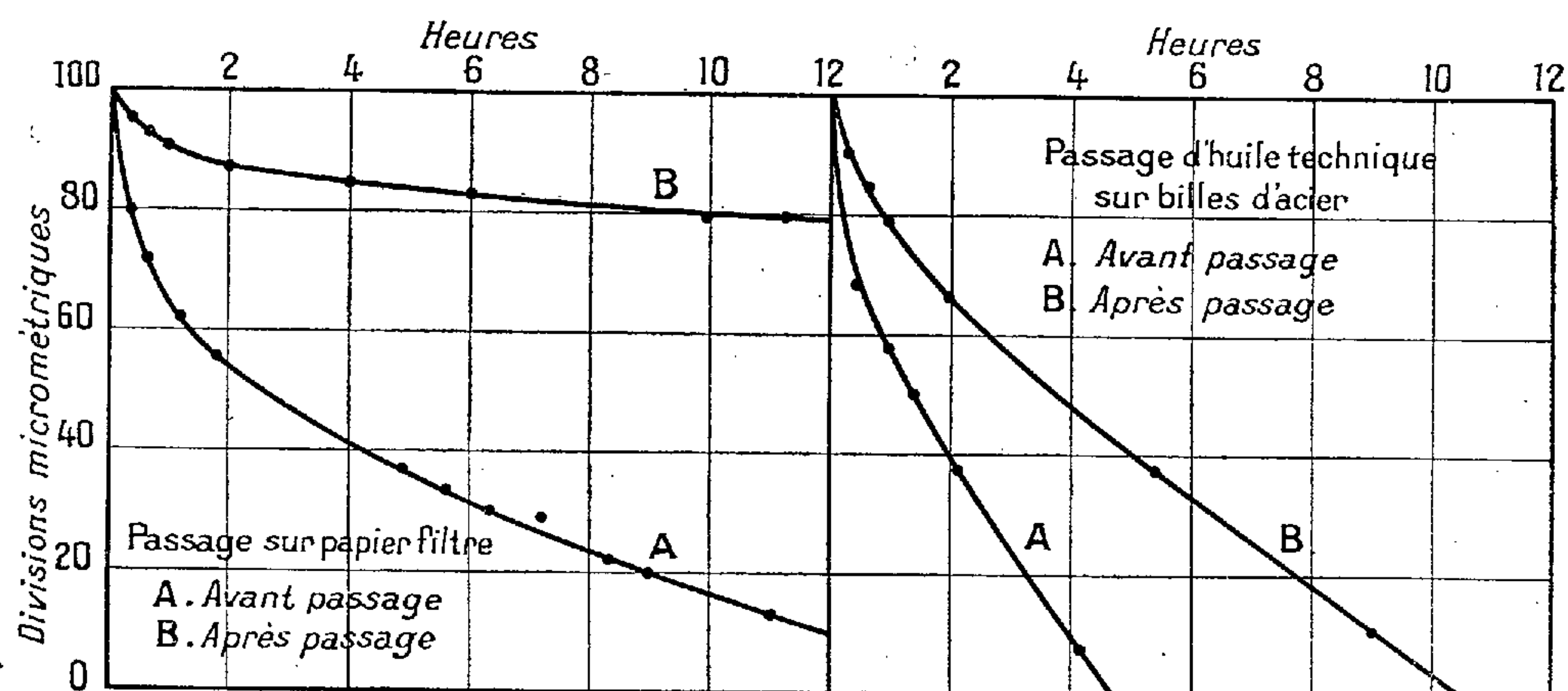


Fig. 1. Fig. 2.

Ainsi donc la simple filtration modifie d'une façon profonde la constitution moléculaire d'une huile et lui enlève la plus grande partie de ses constituants actifs, qui sont justement les plus importants pour l'onctuosité.

Un résultat analogue est obtenu avec du coton de verre; on observe que la plus grande partie des molécules d'acide oléique sont adsorbées dans les premières minutes du contact. Enfin on peut faire les mêmes observations si l'on fait filtrer l'huile activée à travers une mèche de coton (cas du graissage par mèche). Ces diverses expériences, jointes à celles effectuées avec les surfaces métalliques, montrent donc d'une façon définitive que ce qui s'adsorbe, ce sont bien les *seules molécules d'acide oléique*, fixées sélectivement à la surface de l'adsorbant.

B. Il en est de même pour une huile minérale technique, constituée par un mélange mal défini de molécules actives et inactives. Dans ce cas, ce sont les molécules douées d'un moment électrique permanent (carbures non saturés, acides gras, etc.) qui se fixeront sur la surface adsorbante, métal ou autre.

Ceci a été vérifié en prenant une huile du commerce couramment utilisée pour le graissage des moteurs d'automobile. Si cette huile passe sur des surfaces métalliques (billes d'acier par exemple), la comparaison des

courbes obtenues avant et après passage sur le métal permet non seulement de caractériser le lubrifiant neuf, mais encore de mesurer son activité que l'on peut exprimer en acide oléique, comme on a coutume de le faire dans les déterminations de l'acidité organique (*fig.* 2).

Il est certain que cette méthode est susceptible de rendre des services pour l'identification et le contrôle des huiles de graissage; elle permet également d'étudier des modifications non décelables par les autres procédés, et résultant de l'altération en service, de l'action du vieillissement naturel ou artificiel, etc.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur l'électrolyse de solutions de sels de titane.* Note [1] de Mme **H. Emmanuel-Zavizziano** et de M. **M. Haïssinsky**, présentée par M. Paul Langevin.

L'électrolyse de solutions aqueuses du titane a été peu étudiée [2]. On sait seulement que les composés de Ti^{IV} peuvent être réduits [3] sous l'action du courant pour donner les composés correspondants de Ti^{III}, et que l'on obtient [4], avec une cathode de Hg et de très fortes densités de courant, un amalgame de Ti.

Nous avons trouvé que l'électrolyse des composés de Ti peut fournir des produits très différents, qui dépendent surtout de la composition du milieu, de la nature de la cathode et de l'atmosphère gazeuse dans laquelle on opère.

Les solutions que nous avons utilisées ont été préparées par fusion de TiO^2 avec du bisulfate de soude. Le produit de la fusion a été repris avec une quantité d'eau telle que la solution contenait 1^{mg} de TiO^2 par centimètre cube et était faiblement acide (de l'ordre de 0,1 *n*). L'anode était, dans toutes nos expériences, en platine; la densité du courant cathodique généralement voisine de 1 milliamp/cm². Sauf indication contraire,

---

(1) Séance du 6 juillet 1936.

(2) Voir notamment les *Traités de Chimie inorganique* de Mellor (1927) et de Pascal (1932), *Électrochimie* de Foerster (1923), *Elektrometallurgie* de R. Müller (1932) et *Electrolitic Oxidation and reduction* de Glasstone et Hickling (1935), etc.

(3) Une étude quantitative de cette réduction a été faite par B. Diethelm et F. Foerster, *Z. Phys. Chem.*, 62, 1908, p. 129.

(4) R. Groves et A. S. Russell, *J. Chem. Soc. London*, 1931, p. 2805.

les solutions étaient agitées par un lent courant d'air. Voici nos résultats :

1° Avec une cathode en Au ou Ag amalgamé, on observe un lent jaunissement de la solution, dont l'intensité augmente avec le temps. Si l'on sépare les deux compartiments, cathodique et anodique, par un diaphragme de kaolin poreux et si l'on fait barboter de l'oxygène dans le compartiment cathodique, la solution devient jaune-orangé, couleur caractéristique des solutions de l'acide pertitanique qu'on obtient habituellement par addition de H^2O^2 aux solutions acides de Ti^{IV}. Au bout de quelques heures, pratiquement tout le titane de la solution est péroxydé. Un résultat analogue est obtenu avec une cathode de Pt. On sait que l'oxygène, dans les conditions d'électrolyse décrites, réagit avec l'hydrogène naissant à la cathode pour former H^2O^2.

2° Avec une cathode de Pb, la solution, généralement, jaunit au début, puis se décolore et peut finalement, suivant les conditions de l'acidité et du courant qui seront précisées ultérieurement, prendre la couleur violette des composés de Ti^{III}, ou bien la solution reste incolore, mais l'anode se recouvre d'un léger dépôt de péroxyde brun orangé, insoluble dans NO^3H concentré, soluble dans $NO^3H + H^2O^2$.

3° Avec une cathode en zinc, le titane est précipité au fond du récipient électrolytique sous forme d'un composé basique de Ti^{IV} pourvu que l'acidité de la solution ne soit pas suffisamment élevée pour attaquer fortement la cathode. Remarquons d'ailleurs que l'accentuation de la tendance des composés de Ti à s'hydrolyser sous l'action du courant est générale pour toutes les solutions très peu acides de Ti, indépendamment des conditions d'électrolyse.

4° Enfin, si la solution sulfurique initiale est additionnée de quelques gouttes d'une solution de FH à 40 pour 100 (le précipité qui se forme disparaît par chauffage au bain-marie), neutralisée (au tournesol) aussi exactement que possible par NH^4OH et électrolysée avec une cathode de Pb, celle-ci se recouvre d'une couche noire qui blanchit plus ou moins rapidement à l'air en absorbant de l'oxygène. Ce dépôt décompose lentement l'eau froide, rapidement l'eau chaude ou acidulée par SO^4H^2 avec un dégagement gazeux; il réduit le permanganate et les sels ferriques. Si l'on ajoute de l'ammoniaque à la dissolution aqueuse du dépôt, celle-ci devient bleue, puis se décolore et se trouble rapidement en donnant un précipité d'hydroxyde. Les résultats sont qualitativement les mêmes si l'on opère dans une atmosphère d'hydrogène. Ces données permettent de conclure que le dépôt est constitué, tout au moins en majeure partie, par le mono-

xyde TiO. On sait que jusqu'à aujourd'hui celui-ci n'a été préparé que par voie thermique, à l'aide d'opérations assez délicates.

En conclusion, l'électrolyse de solutions aqueuses de Ti^{IV} permet, suivant les conditions, de préparer des composés de Ti^{II}, Ti^{III}, Ti^{IV} et de l'acide pertitanique.

SPECTROSCOPIE. — *Absorption optique des vapeurs du dichlorure et de l'oxychlorure de tellure.* Note [1] de M. **Michel Kantzer**, présentée par M. Charles Fabry.

Dichlorure $TeCl^2$. — Préparé par attaque directe du chlore sur le tellure et purifié à l'abri de l'air par distillation fractionnée sous pression réduite, le dichlorure ne présente pas l'absorption continue découverte par R. S. Sharma [2]. Son spectre d'absorption se compose de bandes régulièrement espacées dont la largeur moyenne est de 10 Å. Ces bandes ne sont pas celles de Wüllner [3].

Différents clichés relatifs à la même vapeur évoluant à volume constant entre 400 et 500° n'ont révélé aucune variation de l'intensité des bandes. L'addition d'argon en proportions variant de 0 à 60 pour 100 ne produit pas d'effet.

Spectre d'absorption du dichlorure de tellure. — La région étudiée s'étend de 3500 Å à 6500 Å. Les nombres correspondent au minimum de noircissement de la plaque photographique.

3500 Å *à* 3960 Å. *Transparence pour les épaisseurs et les températures utilisées* (10^{cm} *à* 500°).

Bandes.

3960	3978	4010	4035	4062	4080
4105	4132	4160	4195	4224	4265
4290	4330	4358			

Au delà, transparence.

Oxychlorure $TeOCl^2$. — L'existence d'un oxychlorure de tellure a été mise en doute [4]. On peut lever cette incertitude par la méthode

[1] Séance du 6 juillet 1936.

[2] *Bull. Acad. Sciences Allahabad*, **1**, 1931, p. 19.

[3] *Handbüch der Spektroscopie*, **3**, p. 372.

[4] Parker-Robinson, *J. Chem. Soc.*, **133**, 1928, p. 2853.

d'absorption suivante. En envoyant de l'oxygène dans la vapeur du dichlorure de tellure à 350° on observe la disparition des bandes de $TeCl^2$ et l'apparition de bandes nouvelles, de fréquences plus faibles, différant elles aussi des bandes de Wüllner. Ce nouveau spectre est celui de l'oxychlorure de tellure.

En effet, la vapeur chargée d'oxygène refroidie brutalement fournit un mélange cristallin de bioxyde TeO^2 et de paillettes brunes signalées par Ditte [1]. Ces paillettes correspondent à la formule $TeOCl^2$, oxychlorure tellureux.

On ne doit pas envisager qu'il se forme en même temps un oxychlorure tellurique. En effet la comparaison du spectre d'absorption des vapeurs de dichlorure additionnées d'oxygène, avec les spectres des oxychlorures homologues [chlore [2] soufre, chrome] ne révèle aucune analogie.

Spectre d'absorption de l'oxychlorure de tellure. — L'étude est faite dans les mêmes conditions que la précédente.

3500 Å à 5015 Å. Transparence.
Bandes : 5015, 5110, 5200, 5300, 5380, 5450, 5545, 5645, 5750.
Au delà, transparence.

SPECTROSCOPIE. — *Description d'un spectromètre enregistreur à réseau, son emploi pour la détermination des spectres d'absorption de dérivés benzéniques dans la région de* 3000 cm^{-1}. Note [3] de MM. **Pierre Lambert** et **Jean Lecomte**, présentée par M. Aimé Cotton.

Spectromètre. — Le réseau R, qui a été tracé par les soins de M. R. W. Wood, comporte environ 80 traits au millimètre (type échelette). Les spectres visibles les plus intenses sont ceux des 5e, 6e et 7e ordres, ce qui rend ce réseau particulièrement apte à l'étude de la région de 3000 cm^{-1}. Les radiations venant de la source (lampe Nernst) (*fig.* 1), entrent par la fente F; puis, rendues parallèles par le miroir concave C, et réfléchies par le miroir plan M_1, elles sont diffractées par le réseau R. Les spectres se forment sur le récepteur P (pile thermoélectrique de Moll dans le vide) par l'intermédiaire du miroir plan M_2 et du miroir concave C_2. Grâce aux

(1) *Comptes rendus*, **83**, 1876, p. 336-446.
(2) Kantzer, *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 209.
(3) Séance du 29 juin 1936.

miroirs M_1 et M_2, percés d'un trou en leur centre, les miroirs C_1 et C_2 peuvent être utilisés sous une incidence presque normale, ce qui diminue les aberrations. Toutes les parties du spectromètre sont fixes, sauf le réseau [dispositif analogue à celui de R. B. Barnes (¹)]. Le courant de la pile

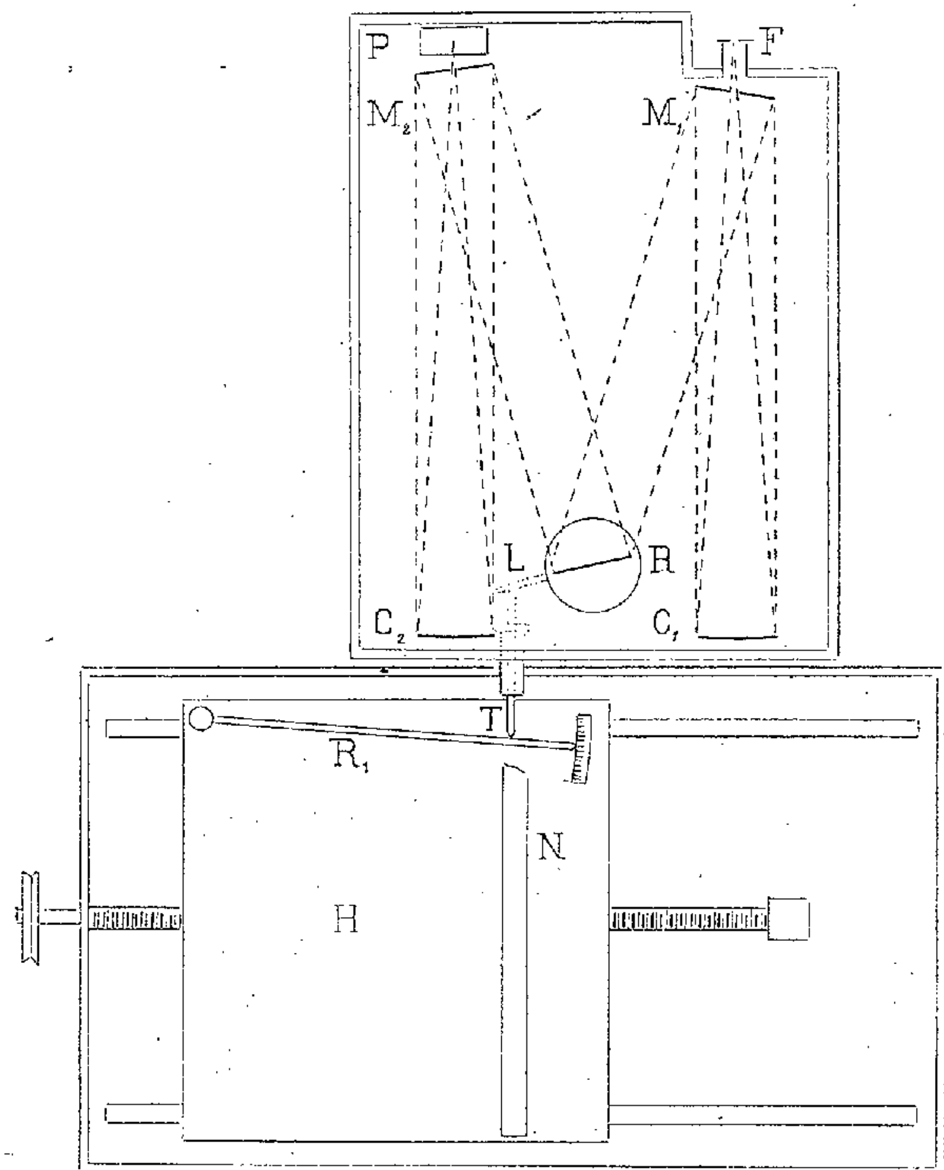


Fig. 1.

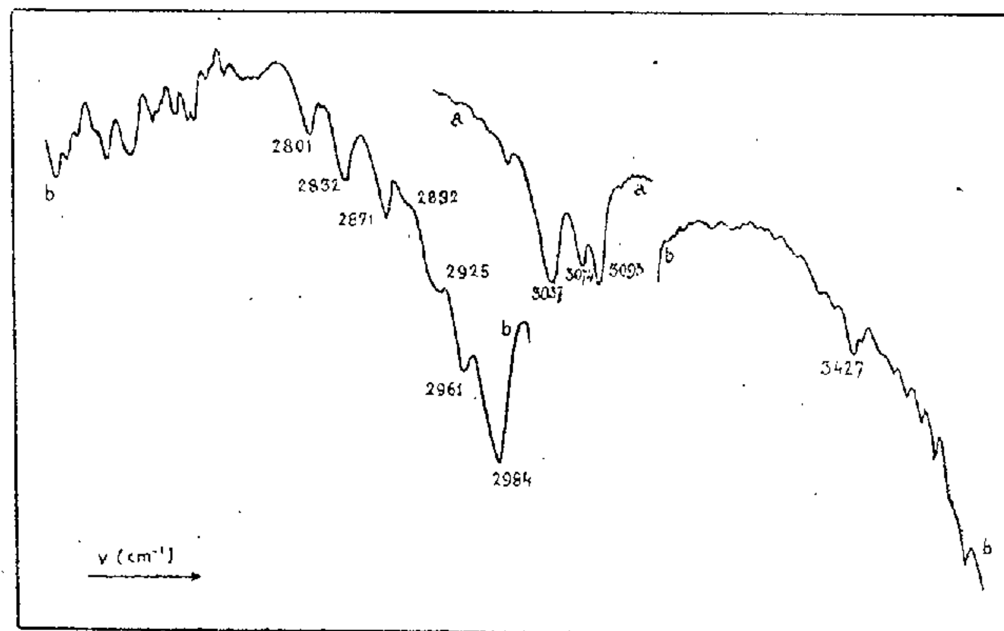


Fig. 2.

Fig. 1. — Schéma du spectromètre enregistreur.

Fig. 2. — Enregistrements relatifs au benzène (sous $0^{mm},01$ courbe *a*; sous $0^{cm},4$ courbe *b*).

thermo-électrique est amplifié au moyen d'un thermo-relai de Moll et Burger, utilisant un galvanomètre primaire du type *Moll original* et un galvanomètre secondaire de Zernicke du type Zc.

Enregistreur. — Un papier photographique sensible, porté par le chariot H (*fig*. 1), reçoit, par l'intermédiaire du miroir N (placé au-dessus du chariot), le spot du galvanomètre en liaison avec la pile P. Ce chariot, mis en mouvement par une vis actionnée au moyen d'un moteur électrique

(¹) *Phys. Rev.*, 2ᵉ série, 35, 1930, p. 1524, et 36, 1930, p. 296.

démultiplié, en avançant, pousse, par l'intermédiaire de la came R_1, la tige T et fait ainsi tourner le réseau R au moyen du levier L. Comme il n'y a aucun retard possible dans cette rotation, pour chaque position du chariot, la pile P reçoit des radiations d'une longueur d'onde parfaitement définie. Dès lors, la simultanéité des deux mouvements perpendiculaires entre eux, avance du chariot et élongation du spot, conduit à la courbe représentant l'intensité des radiations en fonction de la longueur d'onde. L'inclinaison variable de la came R_1 permet d'explorer plus ou moins rapidement le spectre.

Résultats. — En procédant par enregistrement, nous avons pu découvrir des raies qui nous auraient échappé dans des mesures visuelles et que Barnes n'avait pas indiquées. L'absorption de la vapeur d'eau atmosphérique, qui se superpose à celle des substances, complique beaucoup les résultats (*fig.* 2). Un millimètre de l'enregistrement, en abscisses, correspond à une variation de fréquence de 4 cm^{-1} environ.

I. *Benzène et composés benzéniques monosubstitués.* — Les trois raies du benzène, très fortes et d'intensités comparables, que nous avons mesurées à 3093, 3074 et 3037 cm^{-1} (ces nombres diffèrent peu de ceux de Barnes et de Barnes et de Leberknight) se retrouvent, avec de légères modifications, dans les spectres du toluène, de l'éthyl-benzène et du propyl-benzène. Elles se déplacent vers de plus faibles fréquences, avec l'isobutyl et l'isoamyl-benzène. Pour les chloro, bromo et iodo-benzène, la raie médiane, qui se place vers 3050 cm^{-1}, possède une intensité très supérieure à celle des deux autres raies. Le benzène donne lieu, en outre, à d'autres maxima d'absorption, moins forts que les précédents, que nous avons trouvés à 2801, 2832, 2871, 2892, 2961 et 2984 cm^{-1} et dont beaucoup apparaissent dans les spectres des composés monosubstitués. Enfin il existe des maxima d'absorption très faibles entre 3150 et 3450 cm^{-1}, comme entre 2550 et 2750 cm^{-1}.

II. *Composés di et trisubstitués du benzène.* — L'aspect des spectres d'absorption est, en général, assez confus : les bandes étant beaucoup moins bien marquées que pour les composés précédents. Tout se passerait comme si un certain nombre de vibrations des dérivés monosubstitués étaient conservées, mais ne pouvaient plus s'effectuer librement. Les trois raies du benzène entre 3037 et 3093 cm^{-1} n'existent pas simultanément dans le spectre de chacun des xylènes et, dans le cas du mésitylène ou du pseudocumène, elles ont à peu près disparu.

En résumé : tous les composés benzéniques que nous avons étudiés pos-

sèdent, entre 2500 et 3700 cm^{-1}, des spectres d'absorption infrarouges des plus complexes. La comparaison avec les spectres Raman ne permet pas de les débrouiller, parce que toutes les vibrations des molécules ne donnent probablement pas naissance à des raies simultanément dans le spectre d'absorption et dans le spectre de diffusion.

RADIOCHIMIE. — *Étude du pouvoir fluorescent de quelques solutions fluorescentes excitées par les radiations ultraviolettes.* Note [1] de MM. **Augustin Boutaric** et **Jean Bouchard**, présentée par M. Jean Perrin.

Afin d'étudier la fluorescence des solutions produite par une excitation ultraviolette, nous avons fait construire un fluoromètre analogue à celui combiné antérieurement par Francis Perrin, mais dans lequel toutes les parties optiques destinées à concentrer le faisceau éclairant sur la solution sont en quartz ainsi que les faces de la cuve contenant la solution. La source excitatrice était constituée par une lampe en quartz à vapeur de mercure (modèle Gallois), dont le rayonnement était tamisé par un verre de Wood, la lumière de fluorescence étant observée à travers une solution de sulfate de cuivre destinée à arrêter les radiations rouges qui pourraient être diffusées par la solution.

Nos recherches ont porté sur les solutions de sulfate de quinine, d'esculine et d'acide β-naphtol-6-monosulfonique.

Si l'on admet pour représenter la variation, en fonction de la concentration, du pouvoir fluorescent Φ rapporté à l'unité de masse de la substance fluorescente, la loi de Francis Perrin :

$$\Phi = \Phi_0 e^{-kc}, \tag{1}$$

on obtient pour l'intensité $\mathcal{F}$ de la lumière de fluorescence renvoyée suivant la direction du faisceau incident par unité de surface d'une cuve d'épaisseur H éclairée normalement :

$$\mathcal{F} = \mathcal{I} \frac{\Phi_0 c e^{-kc}}{\alpha + \beta} [1 - e^{-(\alpha+\beta)H}],$$

α représentant le coefficient d'absorption moyen de la solution pour les radiations excitatrices et β le même coefficient pour les radiations de

(1) Séance du 6 juillet 1936.

fluorescence. Les radiations excitatrices ultraviolettes étant fortement absorbées par la plupart des solvants, notamment par l'eau, le coefficient α est de la forme $a + a_0 c$, le terme a relatif au solvant étant toujours d'un ordre de grandeur nettement supérieur à celui de a_0 en sorte que pour les solutions peu concentrées le terme $a_0 c$ est petit par rapport à a. En ce qui concerne les radiations de fluorescence du domaine visible le coefficient d'absorption propre du solvant apparaît au contraire comme négligeable et le coefficient d'absorption β de la solution peut être considéré comme sensiblement proportionnel à la concentration $c(\beta = b_0 c)$. Pour les épaisseurs H qui ne sont pas trop faibles, le terme exponentiel peut être considéré comme négligeable par rapport à l'unité, quel que soit c, à cause de la valeur élevée du coefficient a. L'expression de $\mathcal{F}$ se réduit alors à

$$\mathcal{F} = \mathcal{I} \frac{\Phi_0 c\, e^{-kc}}{a + (a_0 + b_0) c}. \qquad (2)$$

Le coefficient angulaire de la tangente à la courbe représentant $\log \mathcal{F}/c$ en fonction de c est :

$$m = -\frac{a_0 + b_0}{a + (a_0 + b_0) c} - k. \qquad (3)$$

La valeur absolue de ce coefficient apparaît comme très voisine de k dans un large intervalle de concentration, ce que confirment les mesures faites : les courbes représentant $\log \mathcal{F}/c$ en fonction de c sont rectilignes pour un intervalle de concentrations compris entre environ 1 et 20^g par litre; les points figuratifs se placent au-dessus de la droite pour des concentrations inférieures à 1^g par litre, le coefficient angulaire de la courbe allant alors en augmentant en valeur absolue conformément aux prévisions tirées de la formule (3) qui rend compte des résultats jusqu'aux concentrations au-dessous desquelles les mesures perdent toute précision.

Le tableau suivant donne les valeurs de $1/k$ fournies par l'inverse du coefficient angulaire de la partie rectiligne de la courbe représentant $\log \mathcal{F}/c$ en fonction de c pour le sulfate de quinine (A) et pour l'acide β-naphtol-6-monosulfonique (B).

A.

pH	1,00	1,41	2,00	2,72	3,82	4,39
$1/k$	2,13	2,89	3,62	3,85	4,88	5,80

B.

pH	14,00	13,10	12,00	11,20	10,10	8,90
$1/k$	1,10	1,35	2,09	2,96	3,41	4,42

La fluorescence de l'esculine ne variant pas sensiblement avec le pH a été étudiée seulement pour pH = 6,7; on obtient ainsi $1/k = 1{,}02$.

Comme nous l'établirons dans un Mémoire plus étendu qui sera publié ailleurs, les diverses particularités expérimentales de la fluorescence des solutions sous l'influence d'une excitation ultraviolette s'interprètent dans tous les détails en admettant pour représenter la variation du pouvoir fluorescent en fonction de la concentration la loi de Francis Perrin.

RAYONS X. — *Étude des spectres* L *d'émission et d'absorption du rhénium* (75) I. Note de Mlle **Yvette Cauchois**, présentée par M. Jean Perrin.

L'observation des principales raies d'émission L du rhénium a permis d'affirmer l'existence de cet élément et de guider les opérations chimiques qui ont conduit à son isolement ([1]). Depuis lors, à ma connaissance, seuls, deux auteurs ont tenté de donner une mesure fine de ce spectre ([2]).

J'ai analysé l'ensemble du spectre L d'émission du rhénium métallique à l'aide du même dispositif expérimental que pour les spectres L des autres éléments lourds que j'ai récemment étudiés ([3]) : spectrographe à quartz courbé de 40cm de diamètre; dispersion, environ 5 u. x./mm.

Avant d'aborder la mesure des nombreuses raies faibles visibles sur mes clichés, il m'a semblé nécessaire de déterminer avec précision les longueurs d'onde des principales émissions de diagramme. Cette détermination a été faite par rapport aux raies fortes des spectres K des éléments suivants : Br, Se, As, Zn, Cu, Ni, Co et L du tungstène (les valeurs admises sont celles tabulées dans le Traité de Siegbahn).

Afin de calculer avec précision les niveaux caractéristiques, encore mal connus du rhénium (dont la connaissance m'était d'ailleurs nécessaire pour l'identification de différentes émissions faibles observables dans mes spectres), j'ai refait une détermination soignée des longueurs d'onde des discontinuités d'absorption L du métal, par rapport aux références citées

---

([1]) Berg et Tacke, *Naturwiss.*, **13**, 1925, p. 571.

([2]) Beuthe, *Zts. f. Phys.*, **46**, 1928, p. 873; **50**, 1928, p. 762; Wennerlöf, *Ark. Mat. Astr. o. Fysik* (A), **22**, no **8**, 1930, p. 1.

([3]) Y. Cauchois, *Comptes rendus*, **200**, 1935, p. 1194; **200**, 1935, p. 1314; **201** 1935, p. 598; **201**, 1935, p. 721; **202**, 1936, p. 2068.

plus haut. Beuthe avait fait le pointage sur le minimum de noircissement et non, comme il est actuellement d'usage, sur le point d'inflexion de la courbe photométrique de noircissement relative à chaque discontinuité; ses nombres devaient donc être trop faibles. Mes clichés L_{III} et L_{II} montrent vers les courtes ondes chacune une raie d'absorption dont je donne aussi la mesure et auxquelles se rapportaient sans doute les valeurs de Beuthe.

TABLEAU I.

	λ u. x d'après			ν/R d'après
Émission.	Beuthe.	Wennerlöf.	l'auteur.	l'auteur.
L_I M_{II} : β_4..........	1256,3	–	1256,60	725,19
M_{III} : β_3..........	1217,6	–	1217,81	748,285
N_{II} : γ_2..........	1029,9	–	1030,25	884,51
N_{III} : γ_3..........	1023,6	–	1024,06	889,86
O_{II} : γ'_4..........	991,0	–	991,30	919,27
O_{III} : γ_4..........	991,0	–	990,45	920,06
L_{II} M_I : η..........	1370,6	–	1370,60	664,87
N_I : γ_5..........	1091,2	–	1091,65	834,76
O_I : γ_8..........	–	–	1041,84	874,67
M_{IV} : β_1..........	1235,9	1236,03	1236,03	737,255
N_{IV} : γ_1..........	1058,7	–	1058,81	860,654
O_{IV} : γ_6..........	1034,4	–	1034,92	880,52
L_{III} M_I : l..........	1627,3	–	1627,21	560,02
N_I : β_6..........	1248,1	–	1248,46	729,91
O_I : β_7..........	1183,3	–	1183,71	769,84
M_{IV} : α_2..........	1440,7	1441,0	1440,96	632,404
M_V : α_1..........	1429,8	1429,97	1429,97	637,265
N_{IV} : β_{15}..........	1205,7	–	1205,71	755,79
N_V : β_2..........	1203,8	1204,1	1204,15	756,774
$O_{IV,V}$: β_5..........	1174,7	–	1174,80	775,68
L_I M_{IV} : β_{10}..........	1169,8	–	1169,74	779,04
M_V : β_9..........	1162,4	–	1162,48	783,90
Absorption.		Sanström (1).		
L_I....................	987,1	987,3	987,52	922,79
L_{II}....................	–	1035,4	1034,73	880,68
Raie blanche L_{II}.......	1034,0	–	1034,33	881,02
L_{III}....................	–	1175,5	1174,63	775,79
Raie blanche L_{III}......	1173,8	1172,7	1174,05	776,18

(1) *Zts. f. Phys.*, 65, 1930, p. 632.

Dans le Tableau II on trouvera les fréquences des niveaux, calculées à partir des fréquences des raies d'émission et de la discontinuité L_{III} rapportées au Tableau I. La précision est sans doute supérieure à 0,1 ν/R.

TABLEAU II. — *Fréquences des niveaux du rhénium* (*en* ν/R).

L_I....	922,43	M_I....	215,77	N_I......	45,88	O_I......	5,96
L_{II}....	880,64	M_{II}...	197,24	N_{II}.....	37,92	O_{II}......	3,16
L_{III}...	775,92	M_{III}...	174,15	N_{III}.....	32,57	O_{III}.....	2,37
		M_{IV}...	143,93	N_{IV}.....	19,99	$O_{IV,V}$....	0,11
		M_V....	138,53	N_V.....	19,02		

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur la forme du spectre continu β du radium E.* Note (¹) de M. **Marcel Lecoin**, transmise par M. Jean Perrin.

J'ai repris l'étude de la forme du spectre continu β du Ra E au moyen de la chambre de Wilson placée dans un champ magnétique en m'attachant particulièrement à la partie de la courbe dont l'énergie est inférieure à 500 électrons/kilovolts.

La forme du spectre continu du RaE présente, en effet, une grande importance particulièrement dans la région des faibles énergies pour la vérification des théories de Fermi et d'Ulenbeck Konopinski sur le rayonnement β. Or il n'existe actuellement aucune donnée obtenue par la méthode de Wilson entre les énergies 20 et 300 ekV : Richardson (²) a travaillé sur des énergies inférieures à 20 ekV, et Terroux (³) et Champion (⁴) ne donnent la forme du spectre qu'à partir de 300 ekV. D'autre part, deux auteurs (⁵) ont donné récemment un spectre continu du RaE obtenu par la méthode dite des coïncidences, les résultats donnés par chacun de ces auteurs étant très différents.

J'ai utilisé pour cette étude la méthode précédemment décrite (⁶) : il est possible de mesurer avec précision des rayons β d'énergie supérieure à 50 ek V en utilisant le stéréocomparateur de Pulfrich.

(¹) Séance du 29 juin 1936.

(²) *Proc. Royal Society*, **147**, 1934, p. 442.

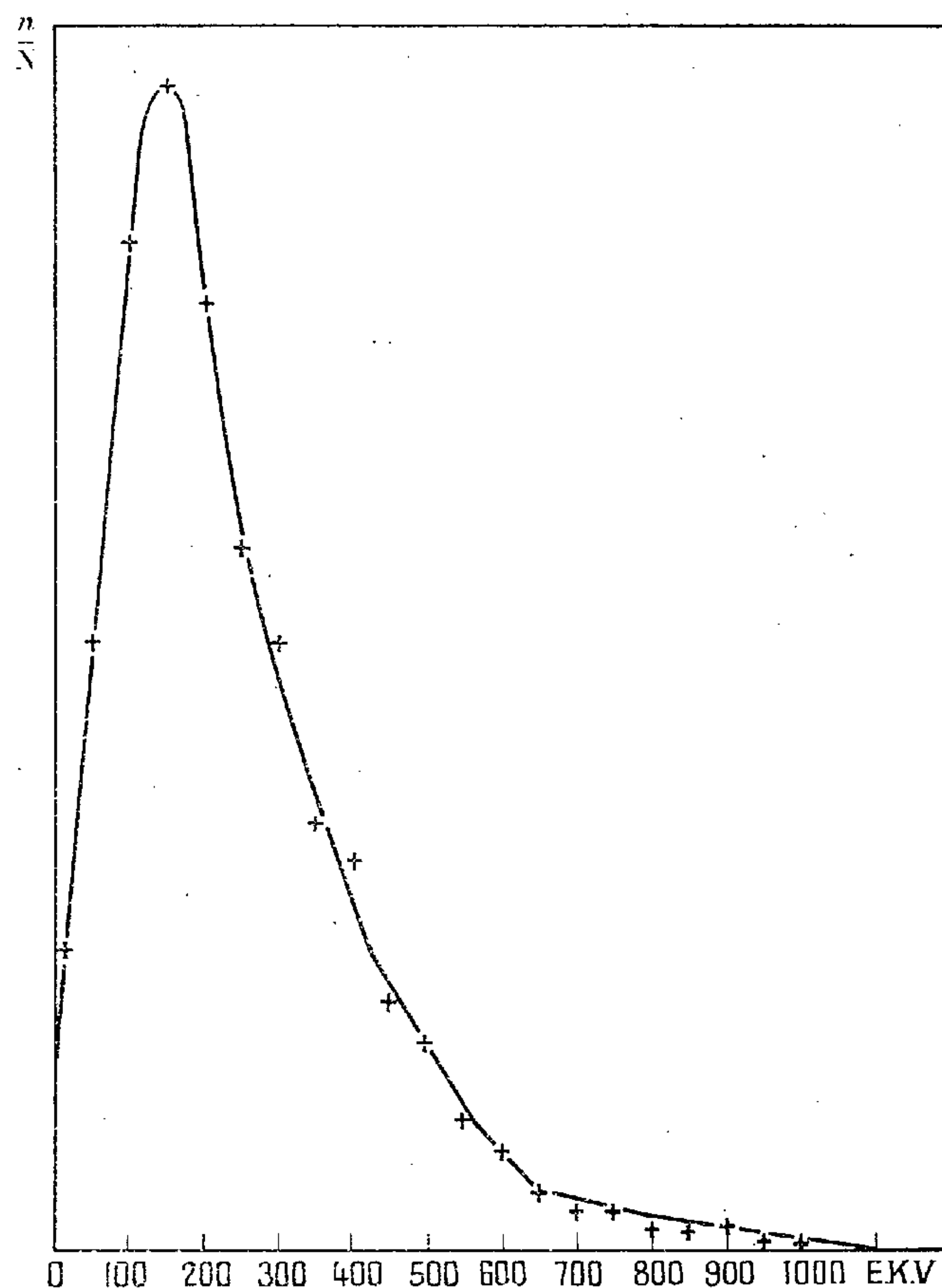
(³) *Proc. Royal Society*, **131**, 1931, p. 90.

(⁴) *Proc. Royal Society*, **134**, 1932, p. 672.

(⁵) Alichanow, Alichanian et Pzelepow, *Nature*, **137**, 1936, p. 314; Scott, *Physical Rewiew*, **48**, 1935, p. 39.

(⁶) Lecoin, *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 405.

Le RaE utilisé préparé à partir de 20^{kg} de nitrate de plomb radioactif par la méthode de Foucaud (¹) et purifié une seconde fois par dépôt électrolytique sur nickel a été trouvé parfaitement exempt de toute impureté radioactive autre que le polonium. On le débarrasse ensuite de ce dernier corps par agitation pendant plusieurs heures avec des lames d'argent successives. Une faible partie du RaE était ensuite déposée sur une feuille



Spectre continu β du RaE.

d'Al de 2/1000e d'épaisseur et placée au centre de la chambre de Wilson; vingt rayons β environ étaient ensuite photographiés à chaque détente et répartis en deux groupes suivant qu'ils avaient ou non traversé la feuille d'Al.

(¹) *Journal de Chimie physique*, **29**, 1932, p. 479.

Deux séries de clichés ont été faites, la première avec un champ de 600 gauss, le second de 400 gauss environ afin de s'assurer que le nombre d'électrons comptés comme ayant une énergie inférieure à 100 ekV était le même dans chaque cas : aux erreurs près les statistiques correspondent exactement et il est possible de les réunir en une seule portant sur 1700 rayons n'ayant pas traversé l'Al.

La figure 1 représente le spectre continu du RaE ainsi obtenu, il s'écarte très notablement des formes trouvées par la méthode dite des coïncidences. L'énergie moyenne se trouve être $2,5.10^5$eV en désaccord avec l'énergie de $3,5.10^6$eV indiquée par Ellis et Wooster (1). Enfin la probabilité d'émission pour les faibles énergies paraît être faible, en désaccord avec les théories de Fermi et de Uhlenbeck, mais en bon accord avec le résultat déjà indiqué par Richardson.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur le rayonnement secondaire émis sous l'action des neutrons.* Note (2) de M. **Charles Haenny**, présentée par M. Jean Perrin.

Un certain nombre d'éléments émettent sous l'action des neutrons ralentis un rayonnement dont l'intensité peut varier comme la section efficace, dans de grandes limites d'un élément à l'autre. L'énergie ainsi émise équivaut à la perte de masse du neutron dans tous les cas de capture non accompagnée de l'émission d'une particule. L'atome nouveau formé par cette réaction d'addition est un isotope de l'élément irradié. D'après nos expériences, la perte de masse du neutron peut excéder notablement la valeur moyenne admise de 0,008 unité de masse.

Nous avons constaté qu'en plus des éléments déjà signalés, le gadolinium irradié par des neutrons lents était susceptible de donner un rayonnement gamma très intense. Nous avons mesuré l'absorption dans le plomb de ce rayonnement ainsi que de ceux émis dans les mêmes conditions par le chlore, le cadmium, l'or et le mercure. Les courbes obtenues non seulement correspondent à des énergies différentes dans chaque cas, mais peuvent en plus être d'allure très différente.

Les mesures ont été effectuées à l'aide d'un seul compteur en acier à

(1) *Proc. Royal Society*, **117**, 1927, p. 109.

(2) Séance du 6 juillet 1936.

paroi très mince de $0^{mm},05$, de 80^{mm} de haut et de 12^{mm} de diamètre, en faisant usage d'une source, Rn + Be, de 100 à 300^{mc} entourée de 25^{cm} de plomb. Le compteur a été placé au centre d'une cavité pratiquée dans un cube de paraffine aux parois épaisses de 5^{cm}. L'une des faces de ce cube était adossée à l'une des faces du cube de plomb.

Nous avons donné au corps absorbeur des neutrons et émetteur de la radiation secondaire la forme d'un cylindre, de diamètre assez petit pour qu'il puisse être introduit dans la cavité du bloc de paraffine. Le compteur étant à son centre, il restait suffisamment d'espace libre pour l'entourer de cylindres de plomb de différentes épaisseurs, destinés à absorber la radiation secondaire émise. Ces épaisseurs sont portées en abscisses dans les graphiques suivants, le nombre d'impulsions par minute étant marqué en ordonnées. Le rayonnement gamma émis par le plomb sous l'action des neutrons ralentis est d'intensité suffisamment faible pour que l'on puisse sans difficulté négliger les variations qu'il peut subir du fait de la présence d'un absorbeur de neutrons.

Nous avons utilisé une tôle de 1^{mm} d'épaisseur pour le cadmium et de $0^{mm},3$ pour l'or. Nous nous sommes servis de NH^4Cl, de Gd^2O^3, et de HgO en poudre, pour le Cl, le Gd et le Hg. Ces produits étaient contenus entre deux cylindres coaxiaux dont le plus petit était en cellophane. Les épaisseurs ainsi réalisées étaient généralement de 3^{mm} environ et de 10^{mm} pour les mesures représentées par la courbe pointillée de la figure 4.

Les conditions expérimentales ne permettent guère de déduire l'énergie du rayonnement gamma du coefficient d'absorption. On peut mieux le faire d'après la position des maxima correspondant à la saturation. La valeur ainsi déterminée dans le cas du chlore s'accorde avec celle déjà donnée de 6 Mev. (¹). Il semble de même qu'il faille attribuer au gadolinium l'émission de quanta de 7 à 8 Mev. Nos mesures sur le cadmium peuvent s'accorder avec l'existence d'une composante dure de l'ordre de 10 Mev. L'absence d'un effet de saturation et la présence d'une composante molle pourrait résulter d'une émission électronique produite par conversion interne (²).

La courbe en trait plein relative au mercure peut s'interpréter à la faveur des nombreux isotopes de cet élément en admettant deux modes de cap-

---

(¹) Rasetti, *Z. für Physik*, 97, 1935, p. 64.

(²) Herszfinkiel et Wertenstein, *Nature*, 137, 1936, p. 106; Kikuchi, Aoki et Husimi, *Nature*, 137, 1936, p. 186.

ture. Le rayonnement comprend une composante molle et une autre de plus de 15 Mev. Si le maximum résulte comme pour l'or d'une absorption par résonance dans une couche très mince ([1]), l'influence de l'épaisseur

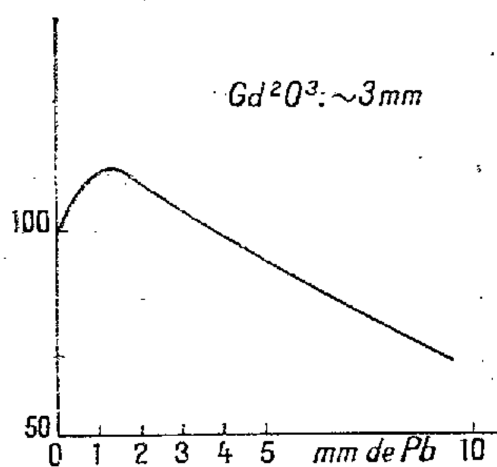


Fig. 1.

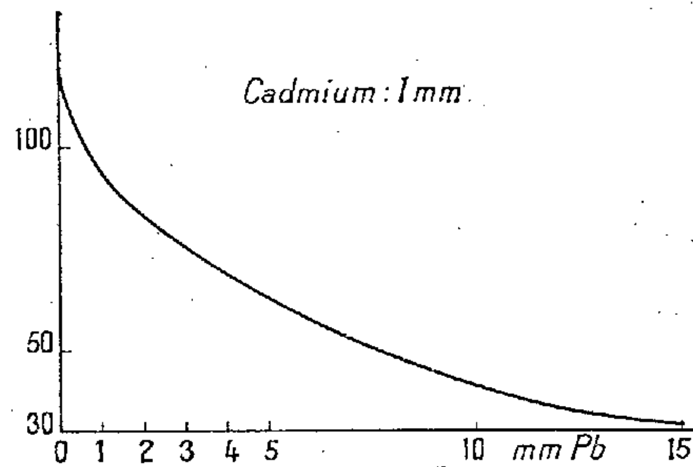


Fig. 2.

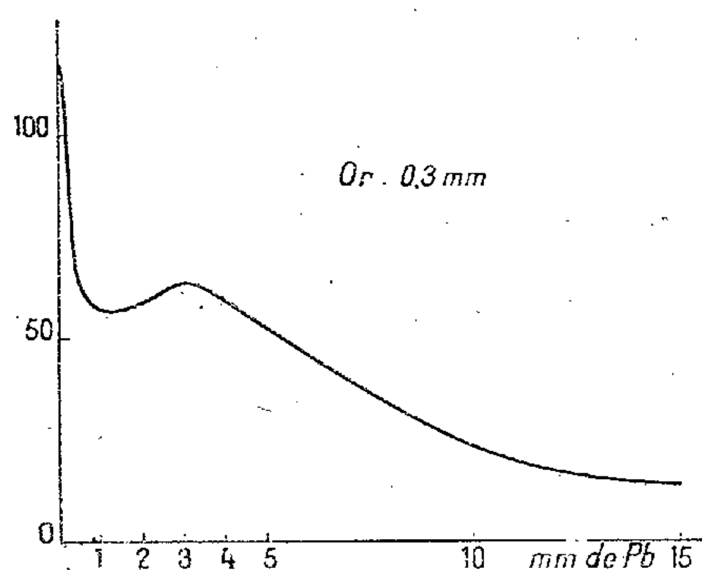


Fig. 3.

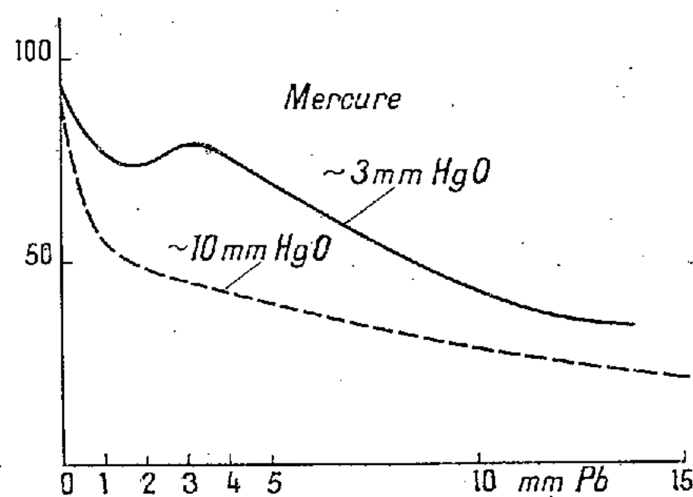


Fig. 4.

de l'émetteur s'explique simplement comme un décalage de l'origine sur l'axe des abscisses. Le rayonnement sortant est autrement dit en équilibre. L'intensité de la source n'était pas la même dans les deux cas.

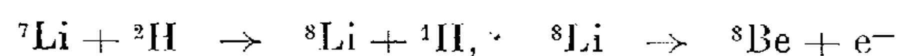
Il reste quelques difficultés à comprendre la courbe relative à l'or si, dans cet élément, il ne faut vraiment considérer que l'isotope 197 ([2]). Peut-être faudrait-il alors faire intervenir deux sauts énergétiques et admettre que la composante molle est un rayonnement électromagnétique de faible énergie.

([1]) Frisch, Hevesy et Mc Kay, *Nature*, 137, 1936, p. 149.
([2]) Dempster, *Nature*, 136, 1935, p. 65; et Sunao, Imanishi, *Nature*, 136, 1935, p. 476.

SYNTHÈSE ATOMIQUE. — *Sur quelques périodes courtes en radioactivité artificielle.* Note (¹) de MM. **Maurice E. Nahmias** et **Robert J. Walen**, présentée par M. Jean Perrin.

En dehors des vérifications ayant trait à la loi de Sargent, l'étude des périodes des corps radioactifs permet de remarquer une certaine régularité de leur fréquence. En effet, en groupant en intervalles logarithmiques les périodes (électronique + positronique + β naturelle : environ une centaine), on observe une distribution de celles-ci ayant un maximum de 25 entre 10 et 100 minutes. Ceci pourrait correspondre soit au maximum d'une courbe quasi-gaussienne, soit au simple fait de la facilité d'observation dans une telle région. Il est donc intéressant de disposer d'un plus grand nombre de périodes et de vérifier les plus douteuses.

Nous avons essayé sans succès de déceler avec le dispositif de la roue (²), l'activité du lithium bombardé par neutrons. La réaction



$$^{7}Li + ^{2}H \rightarrow ^{8}Li + ^{1}H, \quad ^{8}Li \rightarrow ^{8}Be + e^{-}$$

avec une période (³) d'environ 0,5 secondes devrait également avoir lieu par capture de neutron. Ceci aurait été observé par MM. Knol et Veldkamp (⁴) avec un dispositif analogue au nôtre. Malheureusement leurs expériences n'étaient pas alternées et ne portaient que sur un seul sens de rotation de la roue. Dans notre expérience la roue avait 75^{cm} de diamètre. Un seul compteur était placé à l'opposé de la source qui était d'une intensité initiale de 550 mc (Rn + Be). La cible ($Li^{2}O$, 98 pour 100 et anhydre) était répartie suivant une bande circulaire de 5^{mm} d'épaisseur. Les expériences étaient faites alternativement avec la roue au repos et en mouvement, toutes les 15 minutes et pendant une durée de 24 heures. A l'arrêt on a observé une moyenne de $62,2 \pm 0,3$ et en marche à la vitesse de 100 t/m $62,6 \pm 0,3$ impulsions par minutes. Le calcul montre que, en général, l'effet mesuré est proportionnel à

$$\omega\left[\left(1-e^{-\lambda\frac{\alpha}{\omega}}\right)\left(1-e^{-\lambda\frac{\beta}{\omega}}\right)e^{-\lambda\frac{\theta}{\omega}}\frac{1}{1-e^{-\lambda\frac{2\pi-\alpha}{\omega}}}\right],$$

(¹) Séance du 6 juillet 1936.

(²) M. E. Nahmias et R. J. Walen, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 71.

(³) Crane, Delsasso, Fowler et Lauritsen, *Phys. Rev.*, 47, 1935, p. 887 et 971.

(⁴) *Physica* (La Haye), 3, 1936, p. 145.

où ω est la vitesse angulaire, α l'angle moyen d'irradiation, β l'angle sous-tendu par le compteur et θ l'angle entre la source et le compteur. On voit que le régime d'activation maximum est atteint à partir de $\omega = 10\lambda$. L'effet était également négligeable avec le bras horizontal (M. E. Nahmias, *loc. cit.*) et une source de (RdAc + Be) équivalente à 130 mc de (Rn + Be).

Dans l'impossibilité d'observer pour le moment la période (Crane, *loc. cit.*) de 0,02 seconde du bore d'après



$$^{11}B + {}^{2}H \rightarrow {}^{12}B + {}^{1}H, \qquad {}^{12}B \rightarrow {}^{12}C + e^{-}$$

qui doit être possible par capture de neutron, nous avons entouré un compteur en zinc (1) par un cylindre de bore constamment irradié par une source de (Po + Be) équivalente à 20 mc de (Rn + Be). Le compteur était séparé de la source par 5^{cm} de Pb; le tout était plongé dans 50^{kg} de paraffine.

Nous avons observé que le mouvement propre passe de 100 ± 1 à 109 ± 1 *i/m* en présence (2) du B. Des expériences sont en cours pour déterminer dans ce rayonnement (3) la part due à la radioactivité attendue.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude des lois de combustion des poudres colloïdales.* Note (4) de MM. **Henri Muraour** et **Gabriel Aunis**, présentée par M. Georges Urbain.

Nous nous proposons de montrer que, dans la combustion en vase clos d'une poudre qui, d'après sa forme géométrique, doit brûler à surface d'émission constante, la vitesse d'accroissement de la pression $(\partial p/\partial t)$ est à tout moment, sauf au début de la combustion, proportionnelle à la pression.

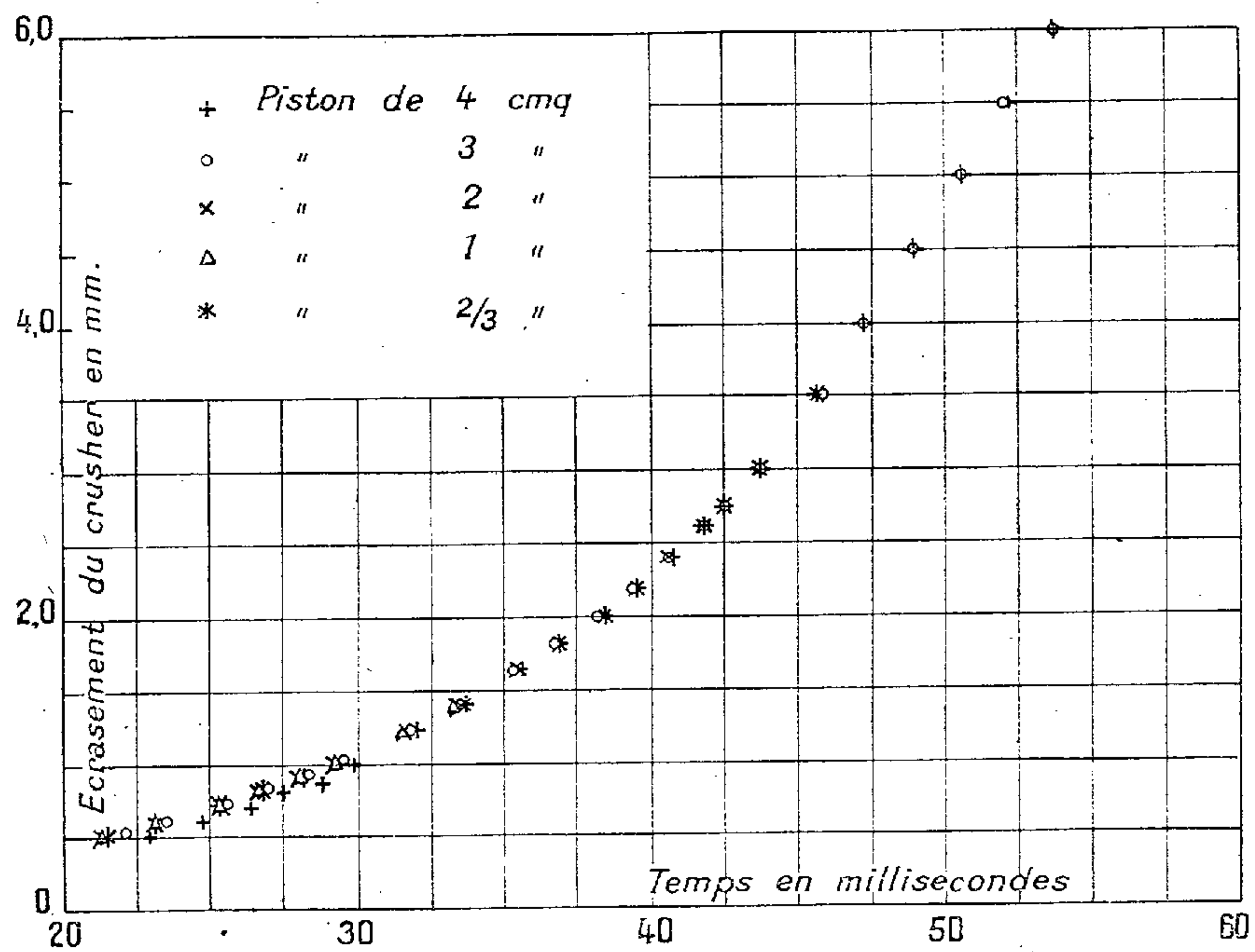
Mode opératoire. — On exécute dans une bombe du type Vieille, une série de tirs, à la même densité de chargement, avec une poudre tubulaire de $2^{mm},57$ d'épaisseur du type sans dissolvant (mélange de 66 pour 100 coton-poudre, 25 pour 100 nitroglycérine et 9 pour 100 éthylcentralite). On fait

(1) 1^{mm} d'épaisseur, 3^{cm} de long et 16^{mm} de diamètre. Le Zn n'est que très peu désintégrable par neutrons lents.

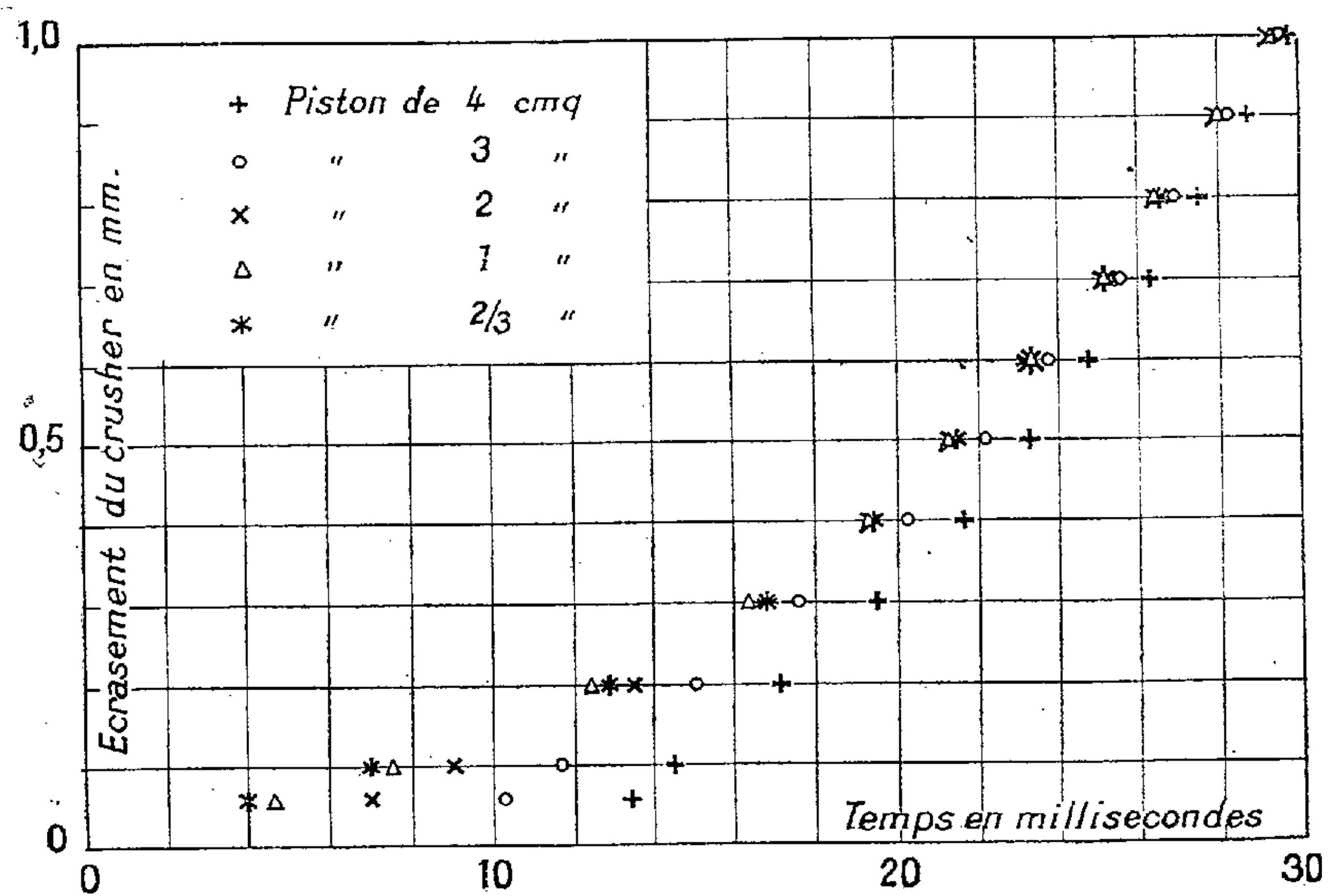
(2) Par comparaison, dans les mêmes conditions avec le Cd on a 233 *i/m.* (30 séries alternées : I_0, avec B ou avec Cd). Ces effets doivent être augmentés de la diminution du mouvement propre du compteur lors de l'interposition de la cible.

(3) Déjà signalé par Kikuchi, Oaki et Husimi (*Nature*, **137**, 1936, p. 745).

(4) Séance du 29 juin 1936.



Graphique A.



Graphique B.

varier la surface du piston qui écrase le crusher de 13/8 en utilisant successivement des pistons de 2/3-1-2-3 et 4^{cm^2}.

La théorie indique que, si la vitesse d'accroissement de la pression est, à tout moment, proportionnelle à la pression, la vitesse d'écrasement du crusher, pour un intervalle donné d'écrasement, *doit être indépendante de la surface du piston utilisé.* Considérons en effet un petit écrasement du crusher s'effectuant avec le piston de 1^{cm^2} au moment où, dans la bombe, la pression passe de la valeur P à la valeur P'. En substituant au piston de 1^{cm^2} un piston de 2^{cm^2} nous devrions réduire de moitié la durée de l'écrasement, si cet écrasement se produisait à une même période de combustion de la poudre. En réalité, la surface du piston ayant doublé, l'écrasement se produira non plus au moment où, dans la bombe, la pression atteint les valeurs P et P' mais au moment où elle atteint les valeurs P/2 et P'/2. Si $\partial p/\partial t$ est proportionnel à P la vitesse d'accroissement de la pression sera, à ce moment, moitié de ce qu'elle était sous les pressions P et P'. La surface du piston étant maintenant de 2^{cm^2}, *la vitesse d'écrasement du crusher ne sera pas modifiée.*

Le graphique A (abscisse : temps; ordonnées : écrasement du crusher) *montre que cette conclusion théorique est entièrement vérifiée par l'expérience.* Par un simple déplacement des abscisses, on obtient en effet une superposition parfaite des courbes obtenues avec les pistons de 2/3 - 1 - 2 - 3 et 4^{cm^2}. Le graphique B montre cependant que cette loi ne se vérifie plus pour le début de l'écrasement, avec les pistons de grande surface. Ceci montre qu'au début de la combustion de la poudre la vitesse d'accroissement de la pression est plus grande que celle qu'on déduit de la proportionnalité à P. Cette constatation est en parfait accord avec la loi $V = a + bP$, déduite de nos expériences antérieures le terme a ne devenant négligeable qu'à haute pression.

On remarquera que, le crusher étant toujours écrasé à la même vitesse, la démonstration de la proportionnalité de $\partial P/\partial t$ à P pour les hautes pressions est indépendante de toute hypothèse sur le mode de fonctionnement du crusher.

PHYSICOCHIMIE. — *Sur la transformation dans le verre.* Note (1) de Mlle **Niuta Klein**, présentée par M. Charles Fabry.

Tout verre étudié jusqu'à ce moment existe en deux variétés allotropiques, α stable à froid et β stable à chaud, dont les constantes physiques diffèrent (2).

Dans ce qui suit on prendra pour paramètre l'indice de réfraction et on étudiera le temps de transformation du verre pour différentes températures à la pression atmosphérique.

Mode opératoire. — Pour chaque expérience on prend deux échantillons (3) à la température ordinaire (20° environ) un en α, l'autre en β (4). On les place brusquement dans un four porté à une température déterminée que l'on maintient constante pendant toute la durée de l'expérience. De temps à autre on retire les échantillons du four en les refroidissant brusquement (pour éviter le changement de la composition) et on mesure à froid l'indice de réfraction. On replace ensuite les échantillons dans le four et l'on recommence l'opération.

La figure 1 représente les courbes de transformation du β obtenues pour des différentes températures pour un borosilicate crown dont les indices extrêmes observés sont 1,51640 et 1,52227.

Toutes les courbes peuvent être représentées par une équation empirique de forme $n = n_\alpha - Ae^{-\beta t}$; A et B étant fonction de la température (5). Elles forment donc une famille dont le paramètre est la température. Le fait essentiel à souligner est l'existence d'une asymptote horizontale pour chacune des courbes.

En partant de l'échantillon en α pur on obtient une famille des courbes analogue (non représentée sur la figure pour ne pas embrouiller le dessin) qui possèdent également une asymptote horizontale de laquelle elles s'approchent par en haut.

Il existe donc un état d'équilibre pour chaque température (à pression constante)

---

(1) Séance du 6 juillet 1936.

(2) En particulier l'indice de réfraction et le coefficient de dilatation (*Revue d'Optique*, 5, 1926, p. 1; *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1320).

(3) Dimensions : $5^{mm} \times 5^{mm} \times 1^{mm}$.

(4) On obtient du β à la température ordinaire en refroidissant aussi brusquement que possible un échantillon pris à une température à laquelle β seul est stable. Le β n'ayant pas le temps de se transformer reste figé d'abord pour passer très lentement en α (*Comptes rendus*, 200, 1935, p. 339).

(5) L'équation n'est valable que pour les parties des courbes suffisamment éloignées de l'origine, dans la partie initiale leur allure est changée probablement par la viscosité. La forme de la partie non perturbée était à prévoir (*Comptes rendus*, 201, 1935, p. 339).

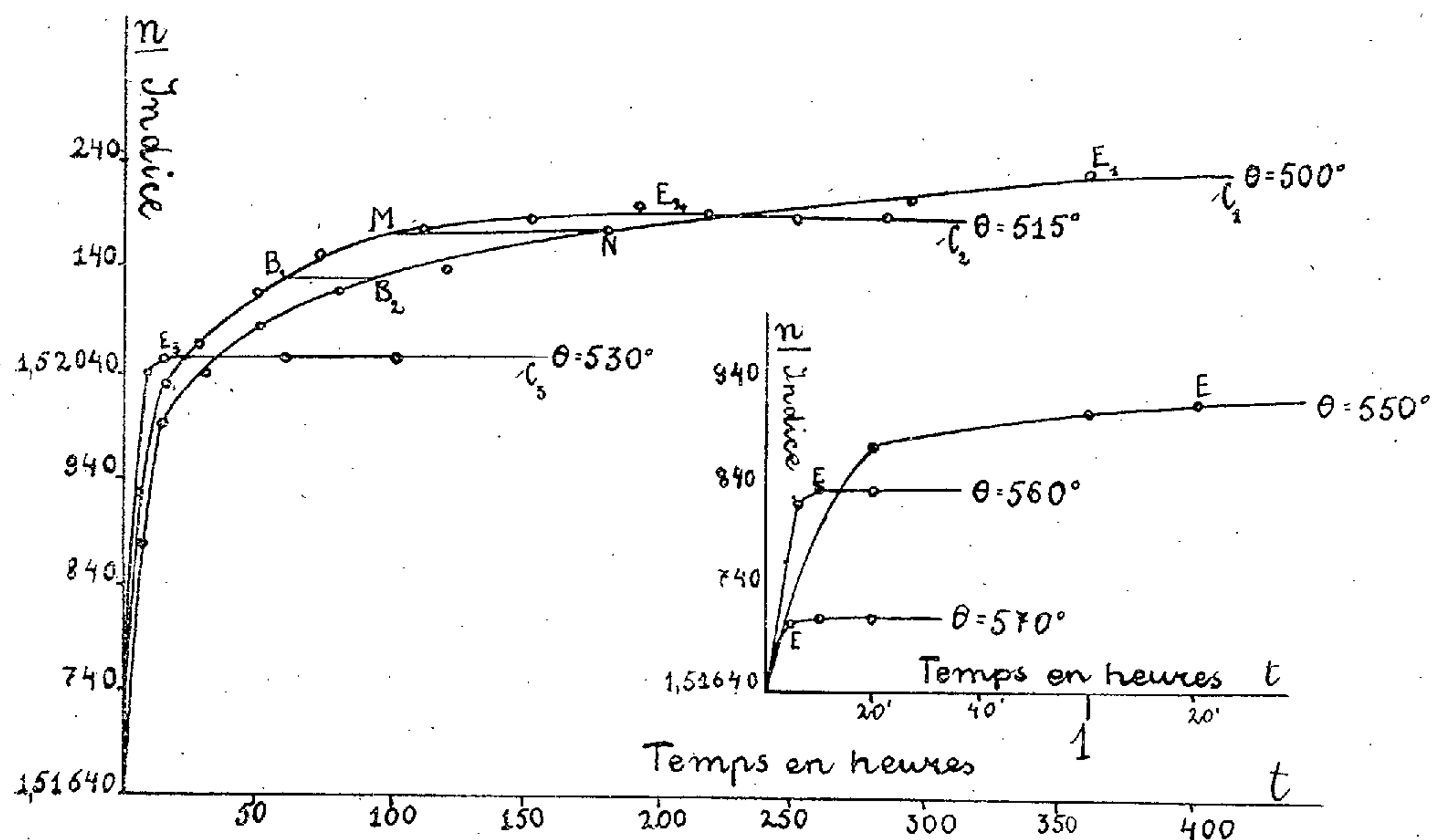
caractérisée par une proportion déterminée de α et de β qui subsiste indéfiniment à la température considérée. La transformation devient d'autant plus lente qu'on se rapproche de cet état.

On constate que les asymptotes des deux familles sont confondues.

La proportion de α et de β en état d'équilibre ne dépend pas de la composition initiale de l'échantillon.

La figure 1 montre qu'au voisinage de l'origine la pente d'une courbe est d'autant plus grande que la température correspondante est plus élevée. Autrement dit la transformation débute à une allure d'autant plus rapide que la température est plus haute.

On peut profiter de cette circonstance pour diminuer considérablement le temps de recuit d'un verre. Pour le voir, considérons deux courbes



La figure représente la variation à température constante d'indice d'un échantillon initialement en pur. A cet état correspond le point O, pris pour l'origine de temps. Si on limite la précision des mesures à 1×10^{-5} près (précision maximum employée dans la pratique) on peut confondre la partie de la courbe où la 5ᵉ décimale ne varie plus avec son asymptote. Le point E où la courbe décolle de l'asymptote détermine l'équilibre pratique. Pour plus de clarté, on a adopté deux échelles différentes pour deux groupes : le premier relatif aux températures pour lesquelles la transformation est très rapide (début du recuit) le second relatif à la fin du recuit avec une petite vitesse de transformation. Les courbes intermédiaires ne sont pas données.

quelconques C_1 et C_2 de la famille relative aux températures θ_1 et θ_2 et proposons-nous d'obtenir l'équilibre relatif à θ_2.

Si l'on porte l'échantillon directement à cette température θ_2, le temps nécessaire pour atteindre B_2 (*fig.* 1) est t_2. L'opération complète (arrivée

au point E_2) exige un temps T_2. Mais nous pouvons procéder autrement. Partons d'abord d'un échantillon à la température θ_1. On voit que le point B, ayant le même indice que B_2, sera cette fois atteint au bout d'un temps $t_1 < t_2$.

Ce gain $t_2 - t_1$ atteint sa valeur maxima au point M où la pente de C_1 devient égale à celle de C_2, puis diminue. Si on laisse l'échantillon à la température θ_1 jusqu'à ce que son indice arrive à la valeur correspondante à M, puis qu'on abaisse la température à θ_2 et si on continue le recuit à cette température on gagne sur l'opération isotherme à température θ_2 le temps $\mathfrak{T} = MN$.

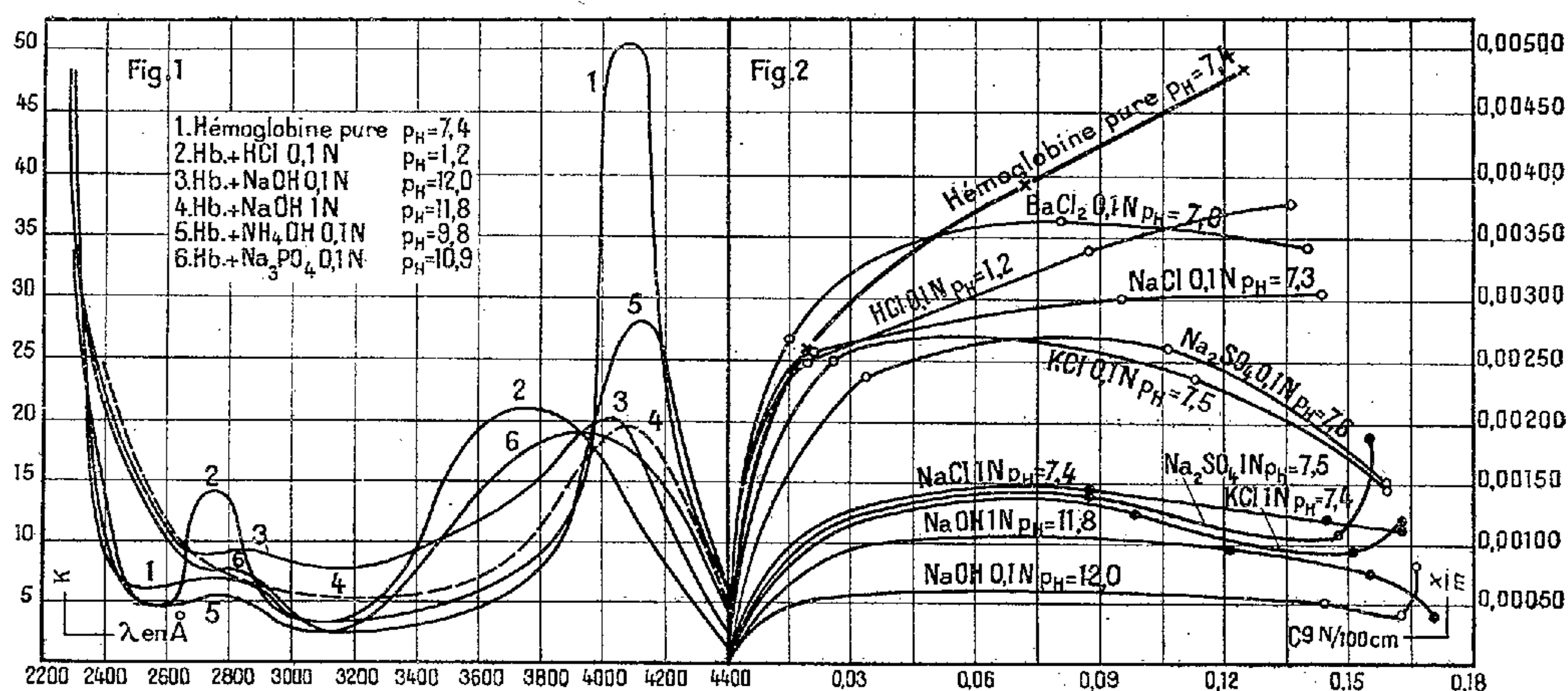
On peut naturellement perfectionner la méthode en effectuant le recuit non pas à deux températures différentes, mais à plusieurs. En choisissant convenablement ces paliers de températures, le temps de la transformation complète du boro-silicate crown qui demande 365 heures à 500° serait une trentaine d'heures. La manière idéale consisterait à faire varier la température d'une manière continue au cours du recuit, ce qui revient à prendre une infinité de températures intermédiaires ou une infinité de courbes de famille.

CHIMIE COLLOÏDALE. — *Adsorption de protéides. Recherches sur l'hémoglobine cristallisée de cheval.* Note (1) de Mlle **Valérie Deutsch**, présentée par M. Georges Urbain.

A la suite des recherches antérieures, faites en collaboration avec M. Paić, nous avons entrepris l'étude de l'adsorption de l'hémoglobine cristallisée de cheval par le kaolin. Ces cristaux, préparés d'après Dudley et Evans, dissous dans l'eau, donnaient une solution contenant $0^g,174$ d'azote dans 100^{cm^3} (Kjeldahl). La concentration de sels, d'acide ou de base dans la solution d'hémoglobine était 0,1 ou 1N. Pour voir l'influence de ces agents sur l'hémoglobine nous avons d'abord examiné les spectres d'absorption. La comparaison des courbes d'absorption de la solution d'hémoglobine exempte de sels, avec celle des solutions contenant du NaCl, KCl, $BaCl^2$ ou Na^2SO^4, et dont le pH est voisin de 7, ne permet de constater, aux erreurs d'expérience près, aucune différence. Par contre, les courbes d'absorption des solutions d'hémoglobine contenant du Na^3PO^4, NaOH, NH^4OH ou HCl, et dont le pH prend des valeurs extrêmes (1,2 à 12),

(1) Séance du 29 juin 1936.

sont nettement différentes de celles obtenues avec la solution d'hémoglobine pure. Dans la figure 1 nous n'avons reproduit que les courbes d'absorption de la solution initiale et celles qui montrent un changement du spectre d'absorption. Sur cette figure, le coefficient d'absorption K, où la concentration est exprimée en grammes d'azote par litre, est représenté en fonction de la longueur d'onde. On voit, que la différence se manifeste surtout dans la bande due au groupe prosthétique de l'hémoglobine, dont le maxi-



mum est à 4075 Å. Cette différence concerne aussi bien la position de la bande, à l'exception de la solution contenant du NaOH en concentration 1N, que la valeur de K. La variation de ces spectres en fonction du pH ne montre aucune régularité. D'autre part la bande due aux acides aminés cycliques (Dhéré), paraît peu influencée par l'acide ou par la base.

Ces études spectrographiques permettent de constater, que l'addition de HCl, NaOH, NH^4OH et Na^3PO^4 se traduit par une modification importante du spectre, et par conséquent par une modification de structure de l'hémoglobine. Par contre les solutions après addition de sels, tels que NaCl, KCl, $BaCl^2$ ou Na^2SO^4, peuvent être considérées, tout au moins en ce qui concerne leur structure et en négligeant les modifications de leurs propriétés physico-chimiques, comme identiques à la solution initiale.

Le mode opératoire pour étudier l'adsorption a été exactement celui suivi dans les recherches antérieures. Quant au dosage réfractométrique des solutions d'hémoglobine, il nous a paru intéressant de le contrôler par

des spectres d'absorption. Nous avons trouvé, que la réfractométrie donne, pour les basses concentrations, des valeurs légèrement trop élevées. Nous en avons conclu que la solution d'hémoglobine doit contenir des impuretés non protéiques, ce qui a été confirmé par la dialyse. Ces impuretés étant en quantité minime, nous les négligerons par la suite.

Les isothermes d'adsorption des solutions d'hémoglobine contenant ou non de sel, d'acide ou de base, représentées sur la figure 2, permettent de distinguer trois formes différentes de courbes : les isothermes classiques, les isothermes qui passent par un maximum, et enfin celles qui passent par un minimum. Seule la première forme peut être représentée par l'équation de Freundlich. On trouve cette forme aussi bien pour la solution d'hémoglobine initiale, que pour la solution contenant de NaCl ou de HCl en concentration 0,1N. Les constantes de la solution d'hémoglobine pure sont : $\alpha = 0,01$ et $1/n = 0,34$. La deuxième forme se trouve pour les solutions contenant de KCl, $BaCl^2$, Na^2SO^4 en concentration 0,1N, et NaCl et NaOH en concentration 1N. L'hémoglobine contenant de KCl, Na^2SO^4 en concentration 1N et NaOH en concentration 0,1N, donne la troisième forme. On remarque, que les solutions donnant des isothermes de deuxième forme en présence de produits en faible concentration, donnent des courbes de troisième forme en présence de produits en forte concentration. La seule exception sont les solutions contenant de NaOH.

Il résulte de ces recherches, d'accord avec les résultats obtenus antérieurement, que, dans le domaine des concentrations examiné, les cations $Ba^{++} < Na^{+} < K^{+}$ diminuent l'adsorption de l'hémoglobine cristallisée de cheval par le kaolin, et cela d'autant plus fortement que la concentration en ions est plus grande. Toutefois, cet accord n'est que qualitatif. Par contre, il y a une différence dans l'adsorption des deux hémoglobines sous l'influence de l'anion SO^{4--}. Bien que l'hémoglobine, préparée par nous soit beaucoup plus pure que l'hémoglobine commerciale, l'isotherme d'adsorption classique, pour les solutions contenant des sels, n'est que rarement observée. Les spectres d'absorption ont montré que chaque variation considérable du pH est accompagnée d'une modification profonde de l'hémoglobine. Néanmoins ces modifications de structure ne suffisent probablement pas pour expliquer seules les différences de l'adsorption : le pH, comme nous l'avons supposé dans les recherches précédentes, paraît jouer un rôle important.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les hydrates du sulfate manganeux.* Note de MM. **Edouard Rencker** et **Pierre Dubois**, présentée par M. Georges Urbain.

On a décrit de nombreux hydrates du sulfate manganeux [à 7, 5, 4, 3,5, 3, 1,5, 1, 0,6 et 0,5 molécules d'eau ([1])]. Seul l'heptahydrate se trouve dans la nature. L'hydrate à 3,5 molécules d'eau a été obtenu récemment par Hammel ([2]) dans la cristallisation spontanée, vers 40°, d'une solution saturée par rapport au tétrahydrate. D'après cet auteur, les diagrammes X des hydrates à 5, 4 et 3,5 molécules d'eau sont sensiblement les mêmes. On peut se demander si, dans certaines conditions, par exemple dans la précipitation par l'alcool d'une solution de sulfate manganeux, on n'obtient pas des cristaux mixtes de plusieurs hydrates. Ainsi s'expliquerait la composition intermédiaire entre 5 et 3 molécules d'eau, à laquelle on arrive assez souvent.

Étude de la déshydratation à l'aide d'une « balance analyseur thermique ». — Cette balance, réalisée par l'un d'entre nous ([3]), a donné les courbes des figures 1 et 2.

Nous avons d'abord opéré sur des masses différentes de sulfate pentahydraté et avec des vitesses de chauffe différentes en plaçant la substance dans un creuset ouvert ou fermé. Dans tous les cas (*fig.* 1), d'après la courbe : poids-température du four ($P.t_f$), et la courbe : temps-température du four ($T.t_f$), qui est rectiligne, on passe directement du penta au monohydrate. C'est ce que l'un d'entre nous avait annoncé antérieurement ([4]). Mais la courbe : temps-température de la substance ($T.t_s$) marque deux accidents thermiques. Le premier se manifeste sur la courbe : poids-température de la substance ($P.t_s$) par un court palier horizontal. Toutefois ce palier se déplace quand on change les conditions expérimentales. Peut-être la décomposition d'un hydrate intermédiaire commence-t-elle avant que celle du pentahydrate ne soit achevée ?

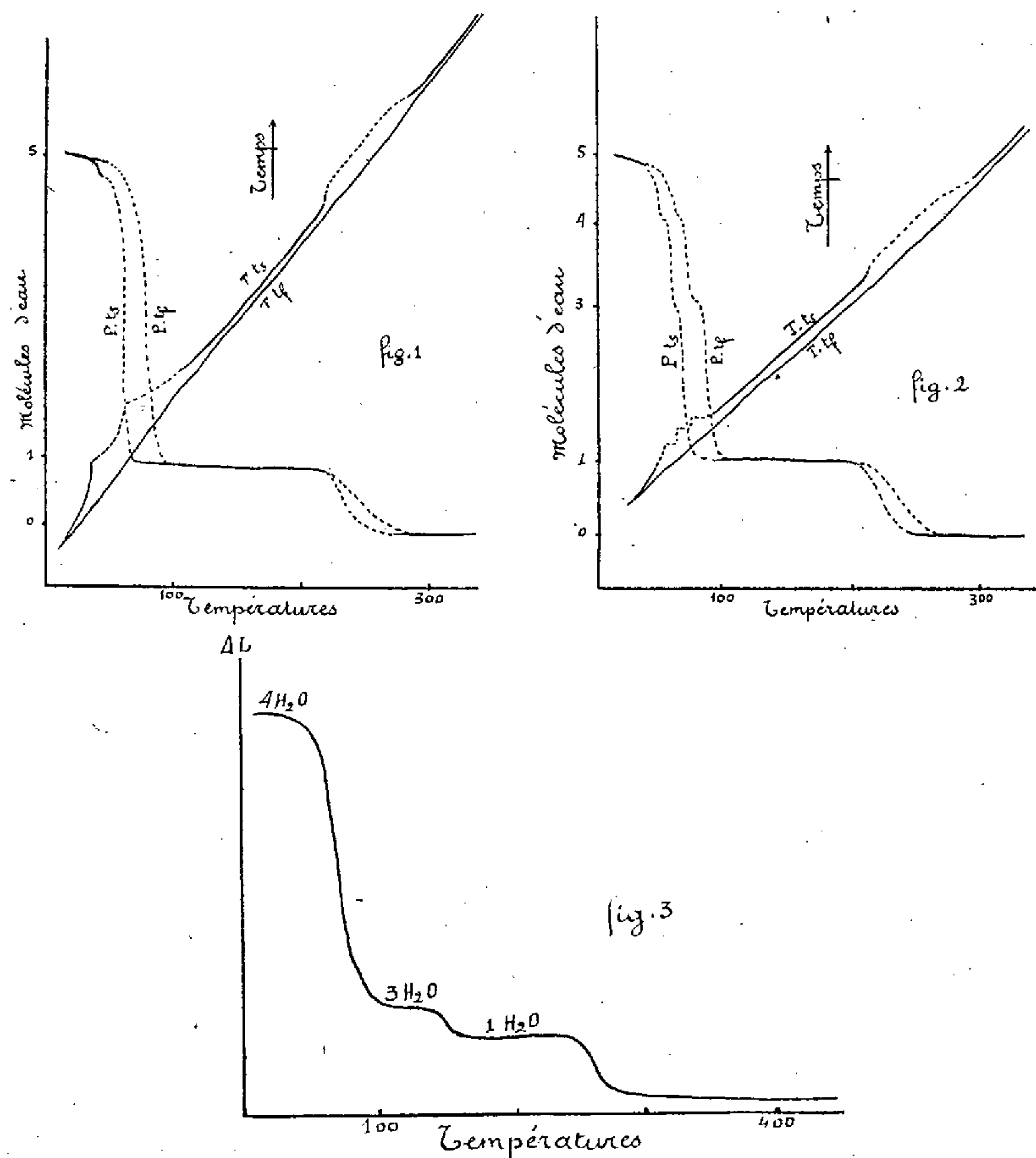
Par ailleurs nous avons utilisé des bâtonnets formés, comme pour l'étude dilatométrique, en agglomérant à la presse des cristaux de penta-

---

([1]) P. Pascal, *Traité de Chimie minérale*, 9, 1935, p. 508.
([2]) *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 283.
([3]) Pierre Dubois, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 3, no 6, 1936, p. 1178.
([4]) Pierre Dubois, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1502.

hydrate. Dans ces conditions on note (*fig.* 2), sur les courbes : poids-température, l'existence de deux paliers nouveaux correspondant régulièrement aux tétra et au trihydrate. La formation de ces hydrates et de celui à une molécule d'eau, donne lieu aux trois phénomènes thermiques enregistrés sur la courbe : temps-température de la substance (T. t_s).

Comme l'a déjà remarqué P. Vallet ([1]), on voit qu'il est nécessaire



d'opérer dans des conditions variées pour déceler certains hydrates par la méthode de M. Guichard.

Étude dilatométrique de la déshydratation. — Le dispositif utilisé a été décrit antérieurement par l'un d'entre nous ([2]). Il permet d'enregistrer les

([1]) *Thèse*, Paris 1936, p. 91.

([2]) ÉDOUARD RENCKER, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 3, n° 6, 1936, p. 981.

variations de longueur d'un échantillon comprimé sous forme de bâtonnet, en fonction de la température.

Avec l'hydrate à 5 molécules d'eau on observe un écrasement de l'échantillon provoqué par la séparation d'une forte proportion d'eau à l'état liquide.

Le diagramme (*fig.* 3) est relatif au produit hydraté, à environ 4 molécules d'eau, résultant de la précipitation par l'alcool d'une solution de sulfate manganeux. Les contractions successives correspondent au départ de l'eau en 3 étapes.

L'analyse du corps obtenu, quand on arrête l'expérience à environ 95°, au début du deuxième palier, donne la composition $SO^4Mn . 2,95 H^2O$. Les troisième et quatrième paliers sont relatifs au monohydrate et au sulfate anhydre.

Conclusions. — On peut penser que les seuls hydrates du sulfate manganeux dont l'existence est certaine sont ceux à 7, 5, 4, 3 et 1 molécules d'eau. Les hydrates à 4 et, surtout, 3 molécules d'eau semblent difficiles à obtenir à l'état pur. Ces résultats sont en accord, sauf pour le trihydrate non signalé, avec le diagramme de solubilité résumant les études faites par voie aqueuse [1]. Le tétrahydrate a, en effet, un domaine d'existence extrêmement petit autour de 25°.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Sur le système monométhylamine-chlorure de calcium.* Note de M. **Alfred Maillard**, présentée par M. Georges Urbain.

J'ai été amené à faire une étude sur le système $Cl^2Ca — CH^3NH^2$ à la suite d'observations curieuses relatives à l'action de diverses vapeurs alcalines sur certains produits provenant de l'altération des huiles minérales.

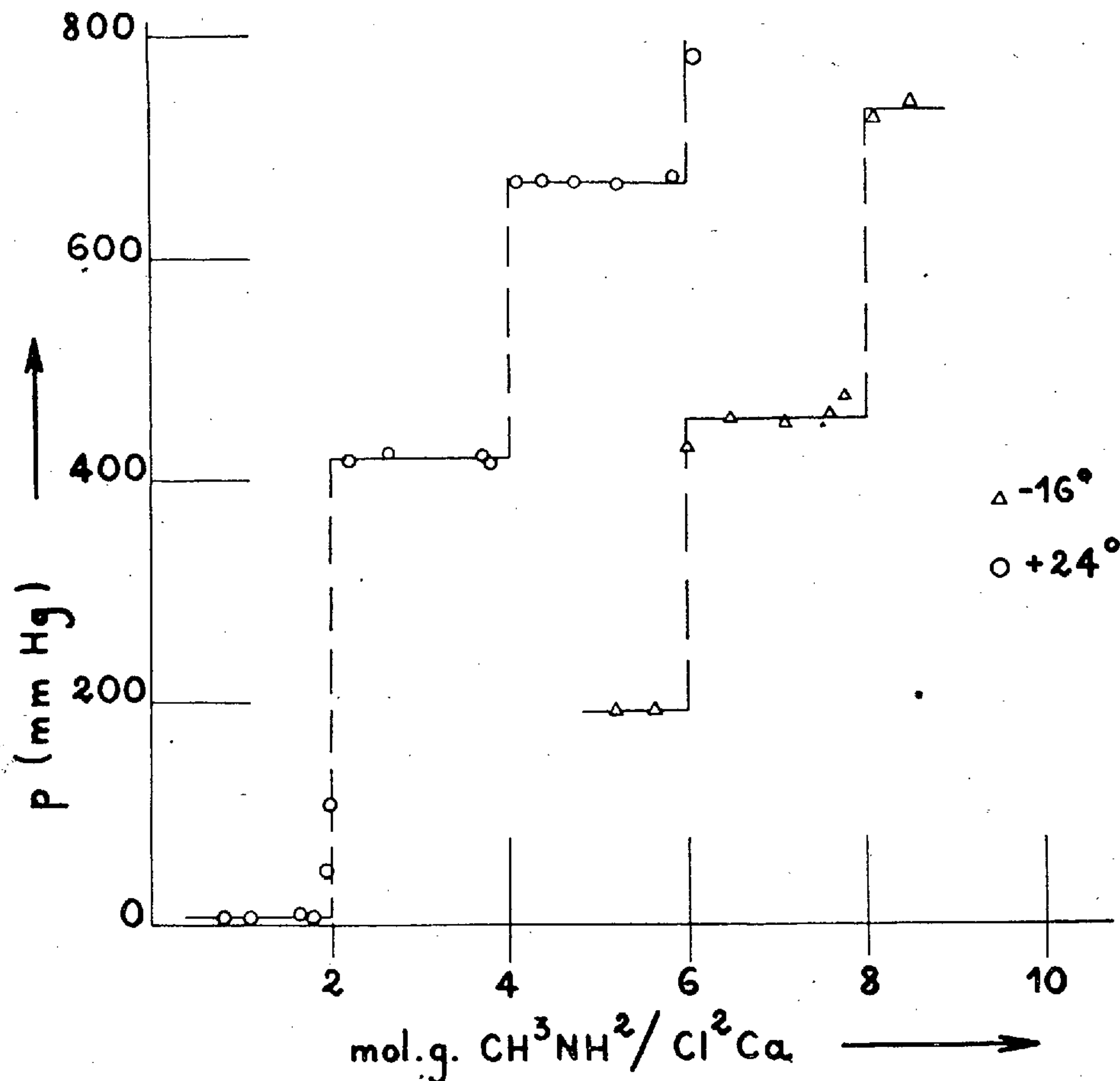
Le chlorure de calcium, soigneusement purifié, est déshydraté dans le tube laboratoire même, par un courant d'azote sec à 250°, jusqu'à poids constant.

La monométhylamine est obtenue par action de sa solution aqueuse sur de la potasse sèche; le gaz est séparé de la vapeur d'eau par passage à travers une série de tubes garnis de potasse en lentilles, puis condensé sur le chlorure de calcium anhydre à — 50°C.

---

[1] P. Pascal, *Traité de Chimie minérale*, 9, 1935, p. 507.

Les mesures sont faites d'après le mode de travail suivant : le tube laboratoire, placé dans un thermostat, est mis en communication avec un manomètre à mercure. On part du produit riche en amine. La pression d'équilibre est mesurée au cathétomètre, puis le tube laboratoire est ramené à la température ordinaire (18°) et taré. La quantité d'amine en



présence du chlorure de calcium est ainsi connue. Une quantité donnée de gaz amine est ensuite extraite à la trompe, puis le tube laboratoire est laissé dans le thermostat jusqu'à nouvel équilibre.

Au besoin, si la pression mesurée est très faible, le tube laboratoire est chauffé pour faciliter l'extraction de l'amine.

J'ai fait plusieurs séries de mesures à 24°. Les résultats traduits par la figure ci-dessus, mettent en évidence l'existence de trois composés

d'addition, correspondant à l'union de 2, 4 et 6 mol-g de mono-méthylamine avec 1 mol-g de chlorure de calcium.

L'existence du composé renfermant 1 mol-g d'amine et 1 mol-g de sel semble peu probable. En effet des mesures de pression effectuées à 50° C, afin d'obtenir des pressions plus élevées, ont donné des valeurs du même ordre de grandeur pour des quantités d'amine comprises entre 0 et 1 mol-g et entre 1 et 2 mol-g pour 1 mol-g de sel. Voici seulement quelques nombres :

Mol-g d'amine	1,77	1,27	0,97	0,62
Pression d'équilibre (50°) (mm Hg)	22	18	18	21

Des quantités d'amine supérieures à 6 mol-g par molécule-gramme de sel donnent des pressions trop élevées pour le dispositif expérimental précédemment indiqué. En vue de rechercher s'il existe des combinaisons plus riches en amine, j'ai modifié le mode de travail et opéré à —16° C. : les quantités de gaz extrait à la trompe sont déterminées volumétriquement et le tube laboratoire est taré en fin d'expérience lorsque la quantité d'amine restant est devenue inférieure à 6 mol-g par molécule-gramme Cl^2Ca. On voit que ces nouveaux essais mettent en évidence l'existence d'un composé renfermant 8 mol-g de monométhylamine pour 1 mol-g de chlorure de calcium. Le composé à 6 mol-g d'amine, déjà rencontré à 24°, est retrouvé à — 16° par le second mode de travail.

En résumé, cette étude (mesures tensimétriques ou volumétriques) établit l'existence de quatre combinaisons moléculaires entre le chlorure de calcium et la monométhylamine, qui n'étaient pas connues :



$$CaCl^2, 2CH^3NH^2 - CaCl^2, 4CH^3NH^2 - CaCl^2, 6CH^3NH^2 - CaCl^2, 8CH^3NH^2.$$

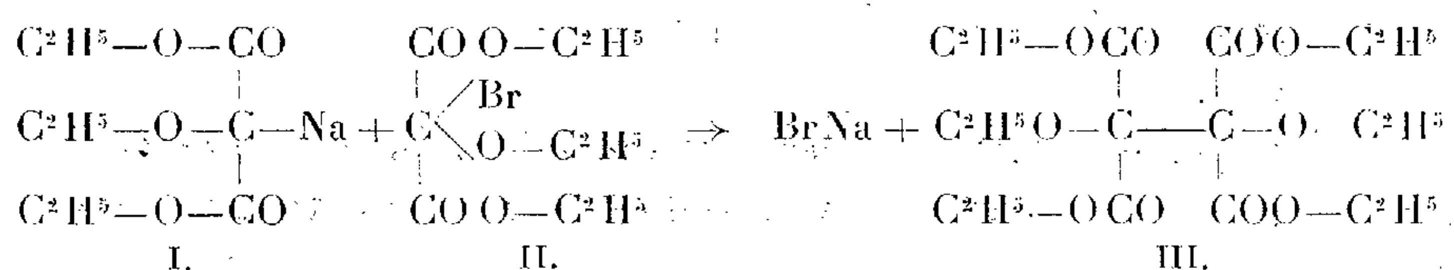
CHIMIE ORGANIQUE. — *Nouvelle méthode de préparation des éthers diéthoxysucciniques*. Note (¹) de M. **Maxence Meyer**, présentée par M. Marcel Delépine.

Au cours d'un précédent travail fait en collaboration avec M. G. Darzens (²) nous avons montré que l'éther éthoxymalonique sodé de formule I était susceptible de se condenser avec les dérivés halogénés des carbures saturés

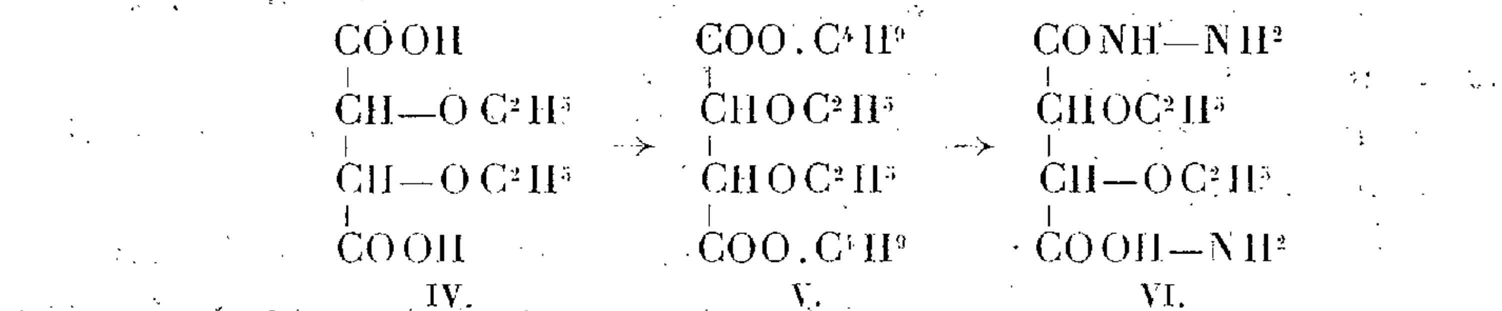
(¹) Séance du 6 juillet 1936.
(²) *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 489.

et benzéniques pour donner des éthers éthoxymaloniques substitués. Nous annoncions notre intention de pousser plus avant nos recherches dans cette voie en condensant l'éther éthoxymalonique avec des dérivés halogénés de constitution complexe.

J'ai continué ce travail en faisant réagir l'éther éthoxymalonique sodé sur l'éther éthoxymalonique bromé de formule II de façon à obtenir l'éther tétracarbonique de formule III.



L'éther III saponifié donne un tétracide qui se décarboxyle par chauffage. Il perd $2CO^2$ et donne le mélange des stéréoisomères de l'acide diéthoxysuccinique de formule IV. Ce mélange contient les acides diéthoxysucciniques inactif par compensation et inactif par nature :



L'éther éthoxymalonique se faisant à partir des éthers oxalique et éthoxyacétique, cette préparation constitue une synthèse totale des acides diéthoxysucciniques et par conséquent des acides tartriques.

L'éther éthoxymalonique bromé n'était pas connu, je l'ai préparé par action directe du brome sur l'éther éthoxymalonique; on opère de la façon suivante :

Dans un ballon sur lequel on a adapté une ampoule à brome et un réfrigérant ascendant, on met 204^{gr} d'éther éthoxymalonique et une trace de phosphore rouge. On y écoule goutte à goutte 160^g de brome au moyen de l'ampoule. La réaction amorcée par un léger chauffage continue en dégageant de l'acide bromhydrique jusqu'à disparition complète du brome. On purifie l'éther bromé par rectification. Il bout à 132° sous 15^{mm}. Incolore, il se colore légèrement par le temps.

Pour préparer le dérivé sodé, on met 23^g de sodium dans un mélange de 150^g de toluène sec, 204^g d'éther éthoxymalonique et 150^g d'alcool absolu. Quand le sodium est entièrement dissous, on chasse l'alcool au bain

d'huile à l'aide d'une bonne colonne en ayant soin d'agiter de temps en temps. On a alors le dérivé sodé sous forme d'une bouillie en suspension dans le toluène exempt d'alcool. On y verse 283g de l'éther bromé et l'on met 12 heures à l'ascendant. On reprend ensuite par l'eau et après lavage, séchage et rectification, on obtient 305g d'éther tétracarbonique III qui bout à 154° sous 1mm.

Pour saponifier cet éther, on dissout dans un ballon 220g de potasse dans un mélange de 360g d'alcool et 180g d'eau. On y ajoute 203g d'éther et on met à l'ascendant.

Quand la saponification est assez avancée la solution aqueuse de sel de soude décante; on ajoute alors 400g d'eau, on chasse tout l'alcool et l'on acidule.

Le tétracide extrêmement soluble dans l'eau s'extrait par un grand nombre d'épuisements à l'éther ou de préférence avec un appareil à épuisement continu.

Il s'est décarboxylé en partie pendant la saponification et on l'obtient sous forme d'une masse visqueuse qui, chauffée au bain d'huile à 120°, donne le mélange des acides diéthoxysucciniques.

Au lieu d'isoler ces deux acides, j'ai isolé les hydrazides correspondants qui fondent haut et cristallisent bien.

Après avoir éthérifié le mélange des acides IV par l'alcool butylique normal, on obtient le mélange des éthers butyliques qui bout à 140°-141° sous 3mm,5. En le faisant agir sur une solution alcoolique d'hydrazine à 10 pour 100, on obtient les hydrazides correspondants, de formule VI. J'ai séparé par des cristallisations fractionnées deux corps A et B fondant respectivement à 194° et 242° au bloc Maquenne.

Pour les identifier, j'ai préparé séparément les hydrazides des acides diéthoxysucciniques racémique et inactif par nature, à partir des acides tartriques correspondants.

L'acide tartrique racémique éthérifié par l'alcool éthylique donne un éther bouillant à 108° sous 2mm. Cet éther traité par l'iodure d'éthyle et l'oxyde d'argent, selon la méthode de Purdie et Pitkeathly (1) donne l'éther diéthoxysuccinique racémique. On fait ensuite l'hydrazide correspondant qui fond à 194° au bloc Maquenne après recristallisation dans l'alcool méthylique. Il est identique au corps A.

On prépare par les mêmes procédés l'hydrazide de l'acide diéthoxysuc-

---

(1) *J. Chem. Soc. London*, 75, 1899, p. 158.

cinique inactif par nature à partir de l'éther butylique ($E_{4} = 145°$), de l'acide tartrique inactif. L'hydrazide correspondant fond à 248° au bloc Maquenne.

Il est identique au corps B, la différence des points de fusion étant probablement due à un léger défaut de pureté de B.

Les deux hydrazides sont très solubles dans l'eau, solubles dans l'alcool méthylique, moins solubles dans l'alcool éthylique et les solubilités de l'hydrazide racémique sont moindres que les solubilités correspondantes de l'hydrazide inactif.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Contribution à l'étude de l'oxydabilité réversible des composés organiques. Sur l'isooxybis-(p-bromophényl)-diphénylnaphtacène.* Note [1] de M. **Léon Enderlin**, présentée par M. Marcel Delépine.

Comme les oxydes dissociables des autres tétraarylnaphtacènes (anciens rubènes) déjà étudiés à ce point de vue [2], celui du *bis*-(*p*-bromophényl)-diphénylnaphtacène $C^{42}H^{26}Br^{2}(O^{2})$ peut être transformé en un oxyde isomère, complètement dépourvu de toutes les propriétés caractéristiques de l'oxyde dissociable. L'isomérisation se fait facilement quand on fait agir pendant 4 à 5 minutes une solution éthérée d'iodure de magnésium en excès sur l'oxyde dissociable sec à la température ordinaire.

L'isooxybis-(*p*-bromophényl) diphénylnaphtacène se présente sous forme d'un produit parfaitement incolore, qui fond à 258° quand il a été recristallisé dans l'éther.

Ses propriétés sont analogues à celles des autres isooxynaphtacènes déjà connus.

Il n'est donc pas dissociable sous l'influence de la chaleur. Mais il est encore, au moins partiellement, réductible en naphtacène sous l'influence du fer ou du zinc dans l'acide acétique bouillant. Cette réduction peut s'accompagner de l'enlèvement d'un groupement arylique avec formation de triarylnaphtacène, facilement reconnaissable à son spectre d'absorption et à sa fluorescence verte [3].

---

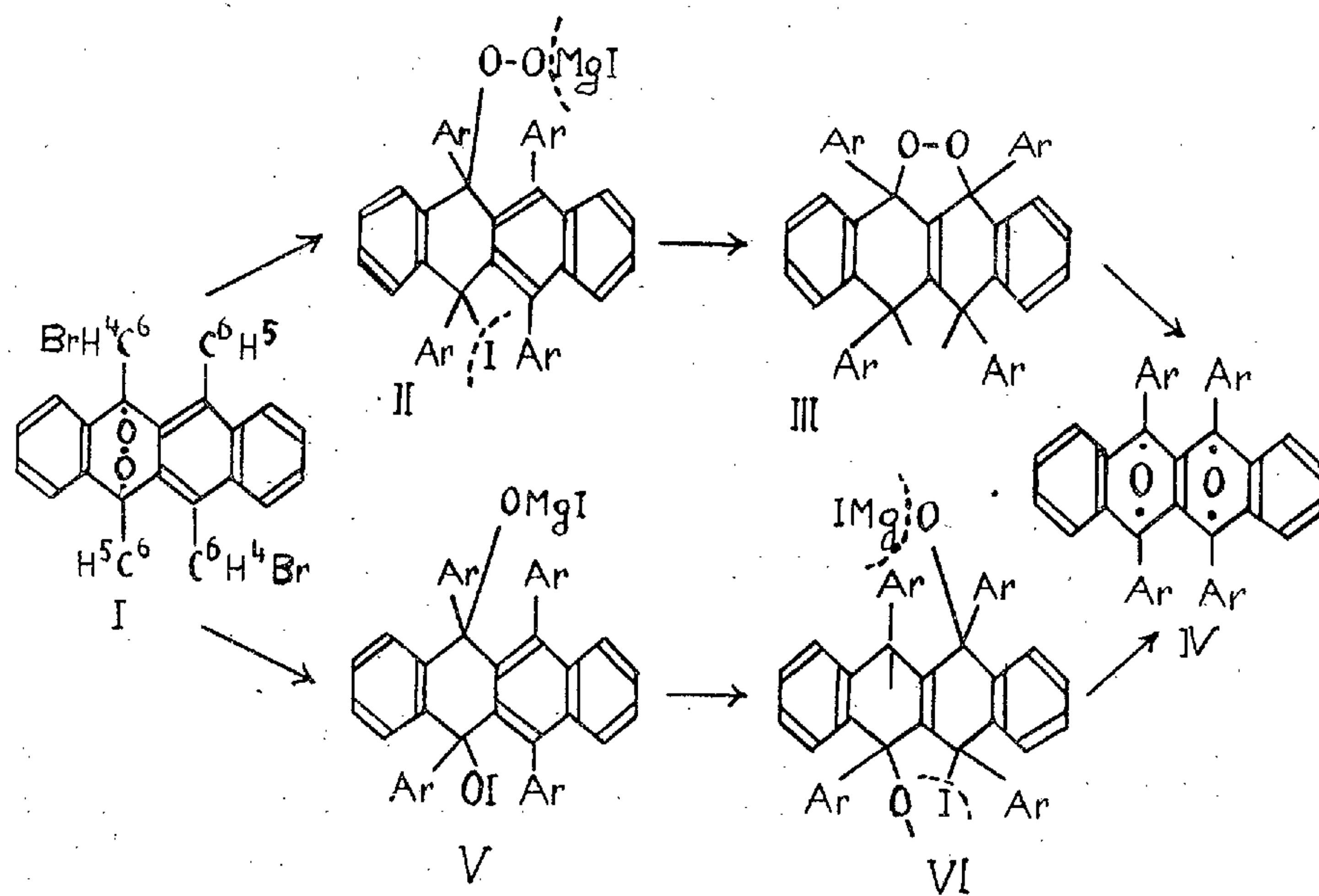
(1) Séance du 6 juillet 1936.

(2) Ch. Dufraisse et M. Badoche, *Comptes rendus*, **191**, 1930, p. 104; Léon Enderlin, *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 945.

(3) Ch. Dufraisse et M. Badoche, *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 242.

Mais les organo-magnésiens eux-mêmes ne donnent dans les conditions ordinaires ni dégagement gazeux, ni autre réaction immédiate; il n'y a donc dans la molécule ni hydrogène mobile ni autre fonction oxygénée facilement attaquable.

Constitution. — Le changement de formule des rubènes, proposé par Ch. Dufraisse et ses collaborateurs ([1]) et qui fait des rubènes des benzo-anthracènes ou naphtacènes, oblige également à modifier l'ancienne formule des isooxyrubènes ([2]). La nouvelle se déduira très simplement de



la formule (I) attribuée par Ch. Dufraisse ([3]) aux photoxydes de rubènes, d'après la formule des photoxydes d'anthracènes ([4]).

Supposons, en effet, comme il est logique de le faire, que l'attaque du photoxyde dissociable (I) par l'iodure de magnésium se produise en un des points d'attache du pont peroxydique sur les carbones triarylméthyliques (puisque ceux-ci constituent les points faibles de la molécule); il pourra en

---

([1]) *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 2, 1935, p. 1546 et *Comptes rendus*, **201**, 1935, p. 1394.

([2]) *Comptes rendus*, **191**, 1930, p. 104.

([3]) Travail en cours d'impression.

([4]) *Comptes rendus*, **201**, 1935, p. 280; **201**, 1935, p. 428.

résulter, après passage par (II), puis élimination du MgI^2 primitivement fixé, un produit intermédiaire à 2 valences non saturées (III); celui-ci très instable, se réarrangerait aussitôt pour donner la configuration (IV) stable.

Mais je ne crois pas devoir écarter *a priori* la possibilité d'un mécanisme basé sur la scission de la molécule d'oxygène sous l'influence du réactif magnésien et analogue au processus suggéré par Ch. Dufraisse et M. Gérard ([1]) pour le réarrangement du photooxyanthracène.

De la scission de la molécule d'oxygène résulterait un produit intermédiaire (V) qui serait susceptible de subir, après une transposition d'un type bien connu (la transposition allylique) du groupement OMgI et de la double liaison entre les carbones 9 et 12, une migration de l'atome d'iode du groupement OI sur le carbone 11 (VI).

Un premier pont oxydique pourrait alors s'établir entre les carbones 9 et 10 par simple saturation des valences restées libres, et un autre entre les carbones 11 et 12, par départ d'une molécule d'iodure de magnésium.

Dans les deux cas on aboutit à la formule (IV); cette formule, qui fait du nouveau produit un 9.10.11.12 isooxytétraarylnaphtacène, permet d'en interpréter toutes les propriétés connues; je la propose pour représenter d'une façon générale la constitution de tous les isooxytétraarylnaphtacènes.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Le sulfate d'o-phénylène ou sulfurylpyrocatéchine.* Note de M. **Léon Denivelle**, présentée par M. Marcel Delépine.

Le chlorure de sulfuryle, dans son comportement comme anhydride mixte d'acides ([2]), fournit avec les phénols, des chlorosulfates ([3]) et des sulfates d'aryle ([4]); il permet d'obtenir avec la pyrocatéchine, dans les mêmes conditions, le chlorosulfate d'*o*-oxyphényle et le sulfate d'*o*-phénylène. Celui-ci constitue le terme le plus simple des sulfates d'arylène ou esters sulfuriques neutres des diphénols, auxquels correspondent, dans la série

---

([1]) *Soc. Chim.*, Procès-verbal de la séance du 26 juin 1936.

([2]) M. Battegay et L. Denivelle, *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 492; *Bull. Soc. Chim.*, **43**, 1928, p. 940; **45**, 1929, p. 691; **47**, 1930, p. 606.

([3]) M. Battegay et L. Denivelle, *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 1505.

([4]) L. Denivelle, *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 211.

aliphatique, les sulfates d'alkylène ou esters sulfuriques neutres des glycols, dont le premier représentant a été décrit par M. Delépine [1].

La pyrocatéchine, en milieu éthéré, réagit déjà à 0° avec le chlorure de sulfuryle en donnant naissance à des dérivés chlorés [2]. Si, par contre, le chlorure de sulfuryle est engagé à basse température, en milieu benzénique desséché, non plus sur la pyrocatéchine mais sur son dérivé monosodé anhydre, il se forme, à côté de pyrocatéchine chlorée, le dérivé monochlorosulfonylé qui se transforme quantitativement en sulfate d'*o*-phénylène, par simple chauffage avec la pyridine.

Chlorosulfate d'o-oxyphényle. — 26g de pyrocatéchine monosodée [3] sont empâtés avec du benzène desséché et introduits dans une solution benzénique de 30g de chlorure de sulfuryle, maintenue aux environs de 0°. Il apparaît petit à petit une coloration bleu noir; après 2 heures d'agitation on laisse la température monter jusque vers 10°, puis on filtre. La solution est reprise plusieurs fois à l'eau glacée, puis elle est séchée et distillée sous vide, sans dépasser toutefois une température de 40°; il reste un liquide huileux, brun, d'odeur piquante, contenant du soufre et du chlore. Conservé à la température ordinaire, ce liquide perd déjà du gaz chlorhydrique, la décomposition devient rapide à partir de 80°, le produit bleuit, puis noircit. Chauffé avec de l'eau, il disparaît progressivement en donnant une solution qui présente les réactions des ions sulfate et chlorure.

L'instabilité du composé rend impossible sa purification. Toutefois les dosages de soufre et de chlore, effectués sur le produit brut, montrent qu'on est en présence du chlorosulfate d'*o*-oxyphényle $HO.\underset{(2)}{C^6H^4}.\underset{(1)}{O.SO^2Cl}$, ce qui est confirmé par ses propriétés chimiques. Pour $C^6H^5O^4SCl$. Calc. %: S, 15,35; Cl, 17,02. Tr.: S, 16,4; Cl, 16,44.

Sulfate d'o-phénylène. — Le chlorosulfate d'*o*-oxyphényle est chauffé à reflux avec une solution benzénique de pyridine en excès; après une demi-heure d'ébullition, on reprend à l'eau froide puis à l'acide chlorhydrique dilué pour éliminer toute la pyridine, on termine par un lavage à l'eau, on dessèche et on évacue le benzène; il reste un produit huileux, exempt de chlore, mais contenant du soufre, qui, à la longue, se prend en une masse fondant à 42°-43°. Purifié, par distillation sous un vide de 1mm, le produit passe à 104°. Par refroidissement, il se prend en longues aiguilles incolores dont l'odeur rappelle celle du gaïacol et qui fondent à 47°.

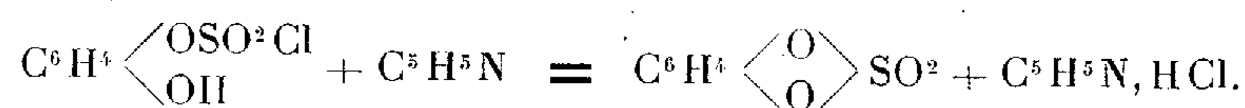
---

[1] *Bull. Soc. Chim.*, 21, 1899, p. 1055.

[2] A. Peratoner et F. Finochiaro, *Gazz. chim. ital.*, 24, I, 1894, p. 236; A. Peratoner et V. Vitale, *ibid.*, 28, 1896, I, p. 221; R. Willsteatter et H. E. Muller, *Ber. dtsch. chem. Ges.*, 44, 1911, p. 2182.

[3] R. de Forcrand, *Comptes rendus*, 114, 1892, p. 1195.

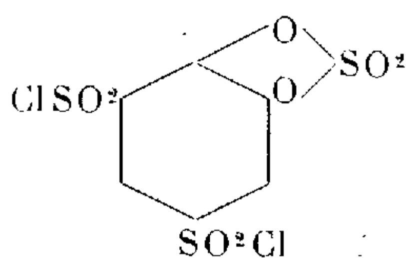
Les teneurs en soufre, carbone, hydrogène, et le poids moléculaire correspondent au sulfate d'*o*-phénylène ou sulfurylpyrocatéchine :



Analyse. — Pour $C^6H^4O^4S$. Calculé : S, 18,6; C, 41,86; H, 2,32; P. M. 172. Trouvé : S, 18,75; C, 41,48; H, 2,5; P. M. 168.

Cet ester est insoluble dans l'eau et entraînable par la vapeur d'eau; il est très soluble dans les solvants organiques usuels, sa solution alcoolique ne se colore pas en présence de chlorure ferrique. L'acide chlorhydrique dilué le scinde quantitativement en pyrocatéchine et acide sulfurique. Chauffé à reflux pendant plusieurs heures dans l'alcool absolu, il ne subit aucune transformation.

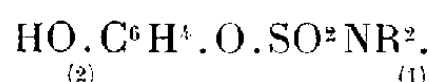
Le sulfate d'*o*-phénylène était inconnu jusqu'à présent, mais J. Pollak et E. Gebauer-Fülnegg (1) ont signalé la formation d'un de ses dérivés, un disulfochlorure



lors de l'action prolongée de chlorhydrine sulfurique sur la pyrocatéchine à 150°.

On connaissait par ailleurs depuis longtemps le sulfite d'*o*-phénylène ou thionylpyrocatéchine (2); toutefois aucun mode d'oxydation n'a permis jusqu'à présent de passer de ce sulfite au sulfate d'*o*-phénylène.

L'étude du sulfate d'*o*-phénylène a été poursuivie; nous avons examiné en particulier son attitude vis-à-vis de l'ammoniac et des amines qui permettent d'obtenir des esters sulfamiques de la forme



---

(1) *Monatshefte f. Chem.*, 43, 1926, p. 114.

(2) R. Anschütz et W. Posth, *Ber. dtsch. chem. Ges.*, 27, 1894, p. 2752. A. Green, *J. chem. Soc. London*, 129, 1927, p. 500.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Introduction à l'étude de la chimie du tellurure de diphénylène.* Note de MM. **Charles Courtot** et **Mohammed-Gholi Bastani**, présentée par M. Marcel Delépine.

Nous avons fait connaître le séléniure de diphénylène [1]. Nous l'avons préparé, soit par déshydratation de la diphénylséléninone au moyen de l'amidure de sodium, soit par déplacement d'anhydride sulfureux sous l'action du sélénium, dans la diphénylènesulfone. Par ce dernier procédé, le rendement en diphénylènesélénìure a dépassé 37 pour 100.

La synthèse du tellurure de diphénylène nous a paru intéressante, en particulier pour permettre l'étude comparative des diphényles portés en ortho-ortho par un élément métalloïdique du sixième groupe de la classification périodique, le tellurure de diphénylène étant le dernier terme dont la connaissance reste à faire.

L'expérimentation dans ce domaine montre que les dérivés tellurés se différencient nettement, sur de nombreux points, des dérivés sulfurés et séléniés correspondants.

I. C'est ainsi, par exemple, que la diphényltellurinone n'a pu être cyclisée, par l'amidure de sodium, en tellurure de diphénylène. D'autre part, le tellure n'a pas remplacé, en quantité sensible, le groupe SO^2 de la diphénylène sulfone. La quinoléine, voire même le chlorure d'aluminium, n'ont pas fonctionné comme débromhydratant sur le diphényltellure dibromé.

II. Ces essais ayant échoué, nous avons tenté d'accéder au composé cherché par l'intermédiaire de dérivés mercurés. On sait avec quelle facilité le tellure se substitue au mercure dans le diphénylmercure. Nous avons essayé la synthèse du diphénylènemercure, encore inconnu, en faisant réagir l'amalgame de sodium à 1 et 2,7 pour 100 sur le 2-2'-dibromodiphényle. En réalité, cette action est très complexe et nous en donnerons le détail dans un autre recueil. Quoiqu'il en soit, en traitant par le tellure, le produit mercuré obtenu, nous avons isolé, mais en quantité infime, du diphénylène-tellure.

Le dibromo-2-2' diphényle étant d'accès peu commode, nous avons pensé à cycliser le 2-chloromercurodiphényle; celui-ci s'obtient très facilement

---

(1) Ch. Courtot et A. Motamedi, *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 539; Motamedi, *Thèse de Doctorat d'Université*, Nancy, 1936.

par action du bichlorure de mercure sur le chlorure de diazo du 2-amino-diphényle. C'est un corps d'un blanc pur, cristallisant de l'alcool en aiguilles fibreuses fusibles à 165-167°, solubles dans l'acétone et l'éther. Malheureusement, tous les essais de cyclisation n'ont abouti qu'à une coupure en diphényle et chlorure mercureux.

III. Devant ces résultats peu encourageants, nous avons examiné l'action directe d'un tétrahalogénure de tellure sur le diphényle.

Le tétrabromure de tellure réagit sur le diphényle à 225-240°. Nous avons pu obtenir du diphénylènetellure dibromé, en quantité suffisante pour une étude préliminaire, mais cette réaction ne constitue encore qu'un mode de formation, parce que nous observons une séparation notable de tellure; le diphénylènetellure dibromé se décompose aussi à cette température, enfin le diphényle est bromé en 4-4′ pour donner le beau dérivé fusible à 164°. Le tétrachlorure de tellure, accessible par action du chlorure de soufre sur le tellure, réagit déjà à 140-165° sur le diphényle. Le dégagement de ClH est régulier et l'on élève progressivement la température jusqu'à 200°. On obtient ainsi, dans des conditions meilleures, le diphénylènetellure dichloré et c'est à cette méthode que nous nous arrêtons pour l'instant.

IV. *Le diphénylènetellure dichloré* est un corps d'un blanc sale, avec pointe de jaune. Il est soluble dans l'acétone, pratiquement insoluble dans les solvants habituels. S'hydrolyse déjà à froid, mieux à chaud, pour donner la diphénylènetellurinone. Commence à se décomposer, sans fondre, vers 200°.

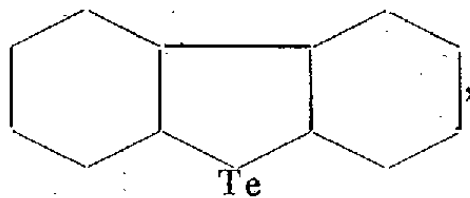
Le diphénylènetellure dibromé est d'un jaune citron très vif. Il se décompose déjà à 210-220°. Il possède, par ailleurs, des propriétés voisines de celles du dérivé chloré.

La diphénylènetellurinone est d'un beau blanc. Elle se décompose sans fondre vers 230-240°. Elle se transforme en dérivé dihalogéné par l'action des hydracides, à chaud et par contact prolongé.

Le diphénylènetellure s'obtient facilement en traitant l'un des dérivés dihalogénés par le métabisulfite de potassium. Il cristallise dans l'éther de pétrole en aiguilles radiées, d'un blanc conservant une pointe de jaune; il fond nettement à 91-92° en un liquide jaune. Il est très soluble dans l'éther; assez soluble dans l'éther de pétrole (40-50°) à chaud, très soluble à froid dans le chloroforme et l'acétone.

V. Le fait essentiel, qu'en traitant le diphénylènetellure ci-dessus décrit par le soufre, on obtient le diphénylènesulfuré (f. = 99°,5) transformable par

oxydation au perhydrol en diphénylénesulfone (f. = 236°), nous autorise à à conclure que nous avons bien en main le corps de formule



ainsi que la tellurinone et les dérivés dihalogénés au tellure correspondants. Nous nous réservons l'étude de cette intéressante série.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Recherches cytologiques sur le groupe des Coccacées*. Note [1] de Mlle **Berthe Delaporte**, présentée par M. Alexandre Guilliermond.

Les formes rondes sont celles des Bactéries qui ont été, jusqu'à présent, les moins étudiées, probablement à cause de leurs faibles dimensions. A part quelques rares auteurs adoptant les opinions très diverses, mais courantes, sur la structure des microbes, la plupart de ceux qui ont étudié les Cocci et les Sarcines par les méthodes en usage jusqu'à ces dernières années ont décrit un noyau (Ellis, Mencl, Dobell). Guilliermond a constaté l'existence d'un corps central identique à celui des Cyanophycées dans des Rhodothiobactéries sphériques. Depuis que la réaction nucléale de Feulgen est employée, les auteurs ont décrit une réaction négative, ou diffuse, cependant Mlle Petter dans *S. gigantea* et tout récemment Sassuchin dans *S. flava* ont trouvé un noyau donnant une réaction positive. Pensant qu'il serait intéressant d'étudier simultanément un grand nombre d'espèces, nous avons examiné cinq souches de Sarcines et neuf de Cocci.

Nous avons isolé 3 espèces de Sarcines de l'air, une autre du contenu intestinal de Cobaye, la dernière, se trouvant dans l'intestin de Gallinacées, a été étudiée directement sans culture. Les dimensions des cellules varient selon les espèces entre 1 et 3μ. Toutes les cellules de ces Sarcines, quel que soit l'âge de la culture, se sont montrées constamment composées de deux régions : la partie centrale se colore post-vitalement par les colorants vitaux, après fixation par divers fixateurs elle se colore en noir par l'hématoxyline ferrique, en bleu par l'hématoxyline de Delafield et donne

(1) Séance du 29 juin 1936.

d'une manière parfaitement nette la réaction nucléale de Feulgen; la partie périphérique ne se colore pas non plus vitalement et est érythrophile, c'est dans son espace que l'on trouve les corpuscules métachromatiques, les granules graisseux colorables par le Soudan III.

Ayant eu l'occasion d'isoler 8 espèces de Cocci relativement assez grandes puisque toutes dépassent 1^{μ} de diamètre, la plupart provenant du cæcum de Cobaye, d'autres de l'air, nous les avons étudiées par les mêmes méthodes cytologiques et y avons trouvé une structure analogue à celle des Sarcines : à l'intérieur de chaque cellule un granule sidérophile, prenant une teinte rouge-violacée par la réaction nucléale de Feulgen, se divise, comme chez les Sarcines, par étirement au moment de la division cellulaire. Placé d'ordinaire au centre de la cellule, il occupe parfois une position quelque peu périphérique : on peut presque toujours distinguer dans ce cas qu'une grosse vacuole l'a rejeté de côté. On trouve aussi fréquemment, vers la périphérie des Cocci, des corpuscules métachromatiques ou des granules de graisse. Le granule chromatique est toujours unique dans les cellules qui ne sont pas en division : dans celles-ci en effet on en trouve 2 vers la fin de la division. L'une des espèces étudiées est un peu différente : le corpuscule chromatique se divise habituellement, par deux divisions successives, en 4, avant qu'une ébauche extérieure de division du Coccus ait lieu, de telle sorte que les Cocci ont 1, 2 ou 4 granules chromatiques. Le *Leuconostoc mesenteroides* nous a montré une structure identique à celle des Cocci que nous venons de décrire.

Voulant étudier un Coccobacille, nous nous sommes adressée à l'*Azotobacter agilis*. Les cellules de cet organisme sont d'ordinaire remplies de globules graisseux, de corpuscules métachromatiques et de globules de glycogène. En faisant des cultures sur milieux très pauvres, nous sommes parvenue à obtenir des cellules presque complètement privées de matières de réserve et nous y avons constaté la présence d'un corps central à peu près sphérique, colorable post-vitalement, sidérophile, donnant la réaction de Feulgen. Ce corps est habituellement déformé par les globules de substances diverses contenues dans la cellule à tel point qu'il peut être dissocié en plusieurs fragments réunis ou non par des trabécules se trouvant entre les globules et même parfois être presque impossible à déceler.

Ces corps sidérophiles, trouvés constamment dans les cellules des Cocci et Sarcines et de l'*Azotobacter agilis* rappellent beaucoup plus l'aspect du corps central des Cyanophycées que celui d'un vrai noyau : ils n'ont pas de membrane, ne sont souvent pas parfaitement sphériques, peuvent pré-

senter des angles ou des parties aplaties. Il nous semble donc très vraisemblable d'admettre que les Coccacées possèdent un corps central analogue à celui des Cyanophycées.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Recherches sur le métabolisme de l'azote d'un microorganisme.* Note de M. **William Henri Schopfer**, transmise par M. Marin Molliard.

On ne possède encore aucune donnée sur le métabolisme de l'azote de *Phycomyces;* son étude est facilitée par le fait que nous pouvons cultiver ce champignon sur un milieu synthétique, en présence de la dose requise de facteur de croissance (vitamine BI cristallisée). Nous savons qu'il existe, pour chaque dose d'asparagine comprise entre 0,1 et 4 pour 1000, une dose optimale de vitamine, conditionnant la récolte la plus élevée; au delà de cette quantité limite, toute adjonction nouvelle de facteur de croissance reste sans effet. Dans une fiole conique contenant 25^{cm^3} de milieu avec 1^g pour 1000 d'asparagine, c'est avec 0,5 γ de vitamine BI que la récolte maximum est obtenue. Avec une teneur en asparagine plus faible, la dose optimale de vitamine est abaissée. Avec tous les taux utilisés d'asparagine, le rapport vitamine/poids récolte, mesuré au moment où la culture a atteint son développement maximum (celui qui est possible avec une quantité donnée de vitamine), est relativement constant. Les relations qui semblent exister entre l'action de l'asparagine et celle du facteur BI nous ont incité à rechercher s'il n'était pas possible de retrouver ces rapports sous une autre forme en déterminant les teneurs en azote des thalles à divers stades de développement, celui-ci étant fonction de la dose de facteur de croissance.

Les cultures sont faites en présence d'un excès de glucose (8 pour 100), et de 1 pour 1000 d'asparagine. Une fiole conique contient 25^{mg} d'asparagine, soit $4^{mg},66$ d'azote. Les analyses (kjeldahl et microkjeldahl) sont effectuées sur des cultures séparées; celles-ci sont âgées de 12 jours.

Résultats obtenus.

Vit. Bl (γ)	0,01.	0,02.	0,06.	0,1.	0,2.	0,4.	0,8.	1,6.
Récolte (mg)	8,5	11,5	21,5	30	50	83	75	79,5
Azote thalle (mg)	0,455	0,799	1,219	1,709	2,263	2,816	2,991	3,043
Azote thalle (%)	(5,35)	(6,95)	(5,67)	(5,7)	(4,53)	(3,39)	(3,99)	(3,83)
Azote culture restant (mg)	4,175	3,895	3,116	2,907	2,298	1,786	1,485	1,373
Total (mg)	4,630	4,694	4,385	4,616	4,561	4,602	4,476	4,416
Erreur (mg)	0,030	0,034	0,275	0,044	0,099	0,058	0,184	0,244
Erreur (%)	−0,64	+0,73	−5,90	−0,94	−2,12	−1,24	−3,95	−5,24

Des recherches faites en fonction du temps de culture, avec chaque dose de vitamine, nous ont convaincu de la constance des taux indiqués dans le tableau et de leur validité; ils ne se modifient que très peu lorsque la durée de culture dépasse 12 jours.

Nous constatons que, dans ces conditions de culture, la dose de vitamine optimale est bien de 0,5 γ environ. Lorsque le développement maximum, correspond à la dose de facteur de croissance présente est atteint, le taux d'azote est le plus bas de toute la série.

Des expériences effectuées avec d'autres sources d'azote : peptones diverses, urée, ammoniaque, sulfate d'ammoniaque, glycocolle, *d-l*-alanine, *d-l*-valine, nous ont fourni des résultats analogues; la teneur en azote de 7 p. 100 (avec 0,01 γ de facteur Bl), à 3 p. 100 (avec 0,5 γ de Bl). Nous constatons donc : 1° que le taux d'azote baisse régulièrement jusqu'à obtention de la culture maximum pouvant être produite en présence d'une dose donnée de facteur de croissance; 2° que, soit par suite d'une absorption incomplète de l'asparagine, soit par suite d'une production de substance azotée sous l'influence du champignon, le milieu est loin d'être épuisé en azote, même dans le cas d'une culture au maximum de son développement; 3° qu'à partir du moment où la culture cesse d'augmenter de poids, la teneur en azote reste relativement constante; 4° que la diminution du taux d'azote va de pair avec l'émersion croissante du thalle émergé et la production de chitine qui représente une bonne partie du poids sec de la culture; 5° que chaque stade du développement, conditionné par une dose précise et différente de vitamine, est caractérisé par une teneur différente en azote.

On pourrait expliquer partiellement cette diminution du taux d'azote par une protéolyse croissante qui serait indépendante de l'âge de la culture, mais liée à son développement et, par conséquent, à la dose de facteur de croissance qui la conditionne.

Avec une teneur en vitamine trop faible, inférieure à celle qui, en présence d'une dose donnée d'asparagine, conditionne le développement maximum, la protéolyse semble comme bloquée et ne dépasse pas un certain stade.

L'azote atmosphérique ne joue aucun rôle; le bilan établi permet, aux erreurs d'expérience près, de retrouver la totalité de l'azote initial.

Ces conclusions sont valables pour des expériences dans lesquelles la teneur en glucide ne descend pas au-dessous de 1 à 1,2 p. 100.

BOTANIQUE. — *La germination des graines de l'Orobanche de la Fève.* Note (1) de M. **Charles Chabrolin**, présentée par M. Louis Blaringhem.

J'ai signalé (2) que les graines de l'*Orobanche speciosa* germaient dans le sable, en l'absence de toute racine, en très faible proportion (1 pour 10000 environ). Les essais poursuivis dans les mêmes conditions, d'octobre 1935 à juin 1936, ont montré que de telles germinations ne s'observent qu'au printemps. Dans les semis effectués en plein air d'octobre à mars, aucune germination ne s'observe, bien que les graines utilisées soient physiologiquement mûres (elles germent à 95 pour 100 au moins au voisinage d'une racine de Fève). Dans les pots mis en place en plein air du 10 mars au 6 juin, les graines du même lot que celui qui a servi à tous les essais précédents ont germé comme dans les essais effectués à la même époque de l'année 1935 (*loc. cit.*) (de 1 à 15 graines germées par pot, en moyenne 5 graines soit 1 pour 15000 environ). La germination des graines d'Orobanche en dehors de l'action des racines de la plante-hôte est donc maintenant connue pour l'*Orobanche speciosa*, pour l'*Orobanche gracilis* (3) et pour l'*Orobanche ramosa* (Pinevitch, 1934). Dans l'état actuel de nos connaissances, la périodicité de la germination observée avec l'*Orobanche speciosa* ne peut être expliquée.

Les racines des plantes qui font germer les graines de l'Orobanche de la Fève laissent exsuder une substance que l'on peut entraîner par l'eau et qui

(1) Séance du 6 juillet 1936.

(2) *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 2275.

(3) Capelleti, *N. Giorn. Bot. Ital.*, **41**, 1934, p. 441-443, et *An. d. R. Acad. di Agric. di Torino*, **78**, 1935, p. 10.

provoque la germination des graines de l'Orobanche en l'absence de toute racine. On le démontre en cultivant un certain nombre de plantules d'*Astragalus bæticus*, l'une des espèces dont les racines font le mieux germer les graines de l'*Orobanche speciosa*, dans une petite quantité de sable bien lavé, en pot. On arrose tous les jours le sable avec une petite quantité d'eau, afin de recueillir quelques centimètres cubes de liquide à la partie inférieure du pot. Cette eau de lessivage du sable est versée jour par jour sur un pot de sable renfermant des graines d'Orobanche entre deux feuilles de papier de buvard. Parallèlement, un pot témoin est arrosé de même avec de l'eau ordinaire. Après 20 jours, le pot témoin n'a montré aucune graine germée. Il y en avait 24 dans le pot arrosé avec l'eau de lessivage du sable, soit 1 pour 1000 environ. Ce résultat a été confirmé par un autre essai semblable. La substance qui provoque la germination des graines de l'Orobanche de la Fève diffuse donc autour des racines de certaines plantes et peut être entraînée par l'eau.

Des graines d'Orobanche placées directement dans le sable où s'étaient développées des plantules *d'Astragalus bæticus* n'ont par contre pas germé. Cette expérience laisse supposer que la substance active disparaît rapidement, dans les conditions non aseptiques de ces essais.

Des extraits aqueux de racines ou de feuilles, bouillis ou non, se sont montrés inactifs. Nous n'avons pas obtenu, avec l'Orobanche de la Fève, les résultats que Bartsinsky (1934) obtient avec l'*Orobanche cumana* du Tournesol.

BOTANIQUE. — *Sur les plantules des Angiospermes, des Fougères et des Lycopodes.* Note (¹) de M. **Paul Bertrand**, présentée par M. Louis Blaringhem.

L'ontogénie comparée des plantules des végétaux vasculaires offre un intérêt exceptionnel. Si l'on étudie attentivement une plantule de Lupin (Paul Becquerel, 1913), une plantule d'*Asplenium Klotschi* (G. Chauveaud, 1911), une plantule de *Lycopodium phlegmaria* (Treub, 1885, Pl. XXVI), on peut déduire de leur organisation que ces 3 espèces sont issues directement de formes analogues aux Rhyniales du Dévonien et *ont par conséquent évolué d'une manière complètement indépendante.*

(¹) Séance du 6 juillet 1936.

L'organisation des jeunes plantules d'Angiospermes, de Fougères ou de Lycopodes existe sans doute depuis plusieurs millions d'années, mais ce que nous voulons souligner aujourd'hui, c'est qu'elle est toujours efficace (*efficient*). A tous les moments du développement, elle satisfait à tous les besoins de l'organisme par les procédés les plus simples, les plus sûrs et les plus rapides.

I. Angiospermes. — G. Chauveaud et ses élèves ont montré que l'ontogénie des plantules présente une uniformité remarquable. Les phases du développement sont les mêmes dans tous les groupes, avec, il est vrai, quelques variantes, faciles à expliquer par des considérations biologiques appropriées, d'où l'on peut conclure que :

1° La *structure rhyniale* est représentée par la première trachée, qui s'allonge dorsalement dans le plan médian de chaque cotylédon. Plus tard, on trouve chez les Angiospermes seulement deux types d'organisation : *la structure feuille* et *la structure racine*.

2° La structure feuille est tout entière d'origine secondaire. Il n'y a pas de structure primaire dans la tige ni dans les pétioles, sauf la première trachée de chaque faisceau.

3° Au début de la germination, la structure racine apparaît la première parce que la jeune plante doit boire pour digérer les réserves nutritives de la graine.

4° La structure feuille est beaucoup plus tardive; elle apparaît seulement quand les cotylédons commencent à verdir, ou quand la première feuille s'épanouit.

5° Au cours du développement, l'axe hypocotylé supporte un accroissement diamétral et longitudinal formidable. Ce qui est merveilleux, c'est que, malgré des positions relatives aussi défavorables que possible, il y a à tout moment continuité parfaite entre les éléments conducteurs actifs de l'appareil absorbant et ceux des cotylédons (Maurice Lenoir, 1920). L'axe hypocotylé est véritablement le champ de la lutte pour la vie que le jeune embryon doit soutenir. Les tissus transitoires sacrifiés (écrasés ou résorbés) sont les témoins de l'énergie dépensée.

6° La tige commence seulement avec le développement de la gemmule. C'est pourquoi il n'y a pas trace de structure racine dans la tige.

7° Entre les Rhyniales du Dévonien et les Angiospermes du Crétacé inférieur, il y a une lacune. Les Caytoniales de H. H. Thomas seraient-elles un rameau (*offshoot*), détaché du *fil invisible* qui relie les premières aux secondes ?

II. Fougères et lycopodes. — 1° *Stade juvénile.* — Le suspenseur des Fougères et des Lycopodes, quand il existe, représente, comme celui des Phanérogames, un stade juvénile filamenteux. (Bower 1908, W.-H. Lang, 1914). Un stade analogue existait aussi très probablement chez les Rhyniales.

2° Chez les plantules de Fougères et de Lycopodes pourvues seulement de leur première feuille (cotylédon), la structure rhyniale est représentée par le cordon trachéen qui va de la racine au cotylédon et sans doute aussi par celui qui va de cette même racine au pied. (Chauveaud, 1911, p. 193, *fig.* 39).

Conclusions. — La notion de *conservation des stades juvéniles* est fondamentale. Elle m'a été suggérée par L. Blaringhem. Elle seule permet d'expliquer l'apparition soudaine des Angiospermes et des Mammifères. Les premières sont sans doute issues directement d'Algues unicellulaires, mais sont passées par un stade juvénile filamenteux. Les seconds seraient passés par un stade larvaire analogue à celui des petites anguilles, nées dans la profondeur des mers. La notion *d'homoplasie* est également d'une importance capitale : elle explique pourquoi des multitudes d'êtres réalisent la même organisation générale (Massart, 1921, p. 242). De la mer, le grand réservoir de matière vivante, sont sortis tous les êtres vivants qui peuplent la surface des continents.

PHYSIOLOGIE. — *Action comparée de l'insuline et du principe hypoglycémiant du jéjunum chez le chien dépancréaté.* Note de MM. **Francis Rathery**, **André Choay** et **Pierre de Traverse**, présentée par M. Alexandre Desgrez.

Ayant pu isoler de la muqueuse jéjunale du bœuf, sous forme de poudre blanche soluble dans l'eau, un principe fortement hypoglycémiant pour le lapin normal ([1]), nous avons comparé les effets respectifs de ce principe jéjunal et de l'insuline sur le chien dépancréaté.

Nous utilisions un même chien à jeun auquel nous injections, le premier jour, le principe hypoglycémiant et, le deuxième jour, l'insuline. En nous basant sur les résultats obtenus sur le lapin, nous avions pu titrer l'activité

(1) *Comptes rendus*, séance du 8 juin 1936.

du principe jéjunal et nous injections le même nombre d'unités dans les deux cas.

Nous rapporterons deux séries d'expériences.

Chien Rob. — 4^kg^900, dépancréaté le 16 mai.

Épreuve avec le principe jéjunal. — Le 26 mai étant à jeun depuis 12 heures, il présente une glycosurie de 42g,42 par litre et une glycémie de 4g,41. On lui injecte dans le muscle 0g,05 d'extrait jéjunal dissous dans 10cm³ de solution de $PO^4 NaH^2$ à 5 pour 100.

Glycémie avant l'injection.	1/2 heure après.	1 heure après.	2 heures après.	3 heures après.	4 heures après.	6 heures après.
4,41	3,52	3,08	2,19	1,61	1,13	0,51

Épreuve avec l'insuline. — Le 27 mai, étant à jeun depuis 12 heures, le chien présente une glycosurie de 40g par litre et une glycémie de 3,83. On lui fait une injection intra-musculaire de 10 unités d'insuline :

Glycémie avant l'injection.	1/2 heure après.	1 heure après.	2 heures après.	3 heures après.	4 heures après.	6 heures après.
3,83	3,63	3,25	2,05	1,26	0,95	0,61

La comparaison des deux résultats montre que l'effet hypoglycémiant du principe jéjunal est très sensiblement identique à celui de l'insuline.

En 6 heures, avec le principe jéjunal, la glycémie tombe de 4,40 à 0,51 soit de 3,49. Avec l'insuline, la glycémie s'abaisse de 3,83 à 0,61, soit de 3,22.

Deuxième expérience. — Un autre chien Flav. de 6kg,700 est dépancréaté le 28 mai.

Épreuve avec le principe jéjunal. — Le 2 juin, après 12 heures de jeûne, la glycosurie est de 56g la glycémie de 3,38. On pratique une injection intramusculaire de 0g,05 d'extrait jéjunal dissous dans 10cm³ de solution de $PO^4 NaH^2$ à 5 pour 100.

Glycémie avant l'injection.	1 heure après.	2 heures après.	3 heures après.	4 heures après.	5 heures après.	6 heures après.
3,38	2,52	1,88	1,55	1,09	0,80	0,67

Épreuve de l'insuline. — Le lendemain 3 juin, le chien à jeun depuis 12 heures présente une glycosurie de 5g,07 et une glycémie de 2,72.

On pratique une injection intramusculaire de 10 unités d'insuline.

Glycémie avant l'injection.	1 heure après.	2 heures après.	3 heures après.	4 heures après.	5 heures après.	6 heures après.
2,72	1,52	0,49	0,49	0,73	0,83	0,53

Le lendemain matin la glycémie est de 2,78 et la glycosurie de 18,36.

Si nous comparons les deux résultats, nous retrouvons une même chute progressive, plus régulière et moins brutale avec le principe jéjunal qu'avec l'insuline. Au bout de 2 heures, la chute glycémique avec le principe jéjunal est de 1,50 et avec l'insuline de 2,25. Mais, si l'on calcule la chute glycémique globale au bout de 6 heures, elle est avec le principe jéjunal de 2,71, avec l'insuline de 2,19.

De plus, on peut remarquer qu'au bout d'un même temps, le lendemain matin, avec le principe jéjunal la glycosurie est de 5^g au lieu de 56^g et la glycémie de 2,72 au lieu de 3,38.

Par contre, avec l'insuline la glycosurie est remontée à 18^g au lieu de 5^g et la glycémie est de 2,78 au lieu de 2,72.

Conclusions. — Chez le chien dépancréaté, le principe jéjunal hypoglycémiant détermine une chute progressive et profonde de la glycémie; si nous comparons, chez le même animal, les effets de doses équivalentes de principe hypoglycémiant et d'insuline, nous constatons que, dans leur ensemble, si les résultats sont assez sensiblement équivalents, ils diffèrent cependant sur certains points.

La chute avec l'insuline paraît plus rapide, mais la dénivellation globale est moins forte. De plus, si l'on examine les effets tardifs sur la glycémie et la glycosurie, l'action du principe jéjunal paraît plus prolongée.

Nous devons remarquer que l'extrait jéjunal employé est plus chargé d'impuretés que l'insuline à laquelle nous nous sommes adressés et peut-être ces impuretés jouent-elles un rôle dans l'allure générale des courbes.

PHARMACOLOGIE. — *Sur une nouvelle méthode de mise en évidence du pouvoir sympathicolytique.* Note (1) de M. **Raymond-Hamet**, présentée par M. Paul Portier.

Ayant montré précédemment que, contrairement aux sympathicolytiques vrais du type yohimbine qui inversent l'hypertension produite par

(1) Séance du 6 juillet 1936.

les doses moyennes d'adrénaline et augmentent l'hypotension provoquée par les doses faibles du dérivé éthylaminé correspondant à l'adrénaline [1], certaines substances comme la bulbocapnine [2] et la boldine [3] suppriment presque complètement l'une et l'autre de ces actions, nous avons admis que les substances du premier groupe atteignent presque exclusivement les vasoconstricteurs adrénalino-sensibles et n'ont par conséquent que très peu d'effet sur les vasodilatateurs adrénalino-sensibles alors que celles du second groupe paralysent presque également ceux-ci et ceux-là.

Ayant prouvé d'autre part que l'adrénaline et le dérivé éthylaminé correspondant ont le même mécanisme d'action mais que, proportionnellement aux effets sur les vasoconstricteurs, celle-ci agit plus fortement sur les vasodilatateurs adrénalino-sensibles que celle-là, nous avons pensé que les substances sympathicolytiques qui ne peuvent transformer en hypotension l'action hypertensive de l'adrénaline doivent être capables d'inverser les effets hypertenseurs du dérivé éthylaminé correspondant. Les expériences que nous avons pu pratiquer témoignent de l'exactitude de notre hypothèse.

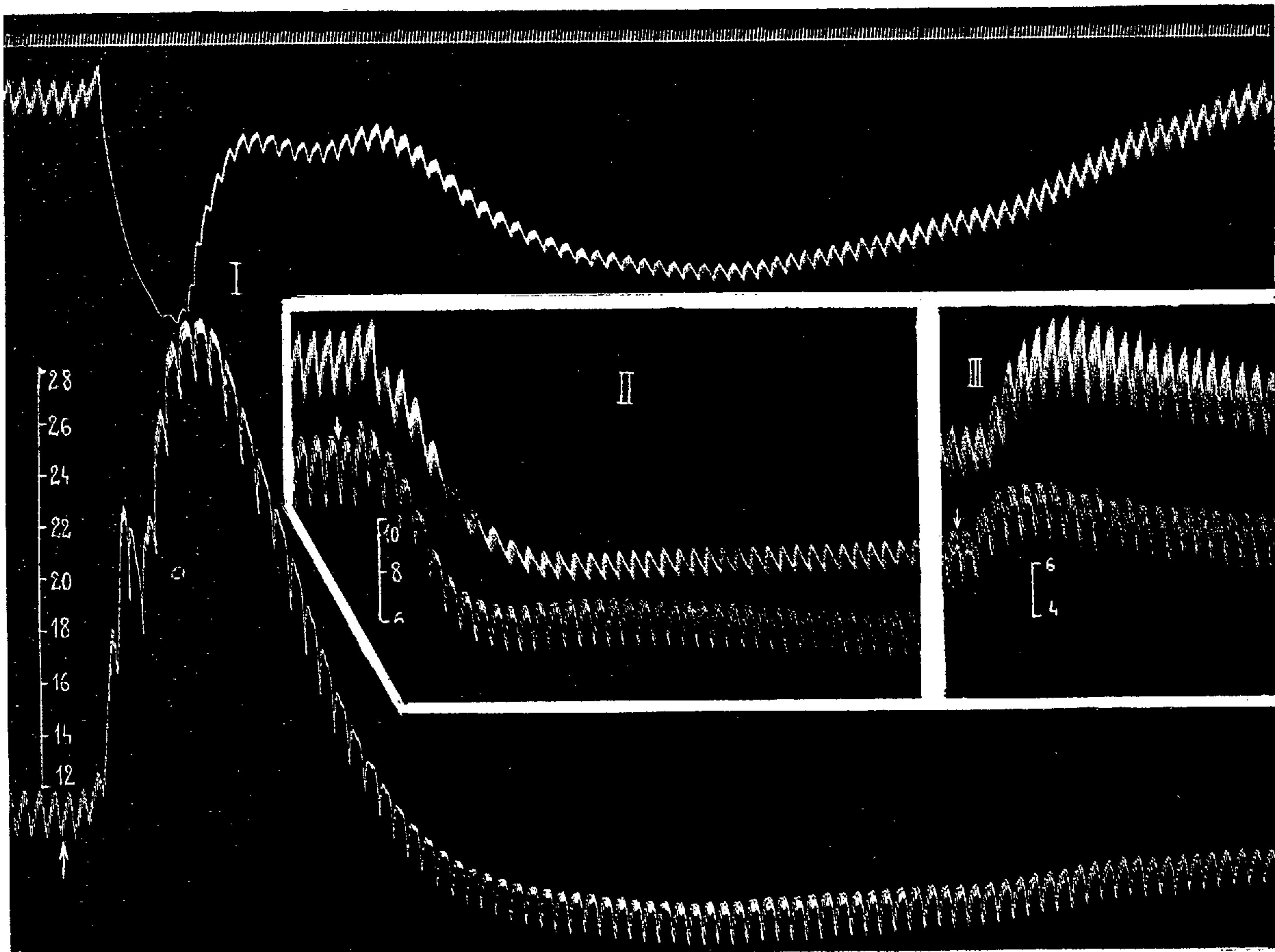
C'est ainsi que, chez un chien de 12^{kg}, anesthésié par le chloralose, bivagotomisé au cou et soumis à la respiration artificielle, l'injection de $0^{mg},5$ de dioxyphényléthanoléthylamine qui, initialement, avait élevé la pression carotidienne de 118 à 300^{mm} de Hg et avait provoqué une forte vasoconstriction rénale (*fig.* I), ne produisit plus, après qu'on eut soumis l'animal à l'action de 50^{mg} de bulbocapnine par kilogramme, que de l'hypotension amenant la dite pression de 133 à 67^{mm} de Hg et s'accompagnant seulement d'une diminution passive du volume du rein (*fig.* II). Chez l'animal ainsi bulbocapninisé, l'adrénaline, à une dose qui, au début de l'expérience, s'était montrée fortement hypertensive et vasoconstrictive rénale, ne produisit plus, d'une part, qu'une très faible hausse de la pression carotidienne amenant celle-ci de 73 à 101^{mm} de Hg, d'autre part, que de la dilatation passive du volume du rein (*fig.* III).

Le dérivé éthylaminé correspondant à l'adrénaline permet donc au pharmacologiste de mettre en évidence l'activité sympathicolytique des sub-

---

(1) *Arch. internat. de Pharmacodynamie*, **43**, 1932, p. 319.
(2) *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 357.
(3) *Comptes rendus Soc. Biol.*, **121**, 1936, p. 431.

stances qui, parce que, beaucoup plus fortement que les sympathicolytiques vrais, elles diminuent l'excitabilité des vasodilatateurs adrénalino-



Expérience du 4 décembre 1935. — Chien de 12kg, anesthésié par le chloralose (12cg par kg.), bivagotomisé au cou et soumis à la respiration artificielle. Ligne supérieure : temps en secondes. En I, II et III, en haut : variations du volume du rein enregistrées par l'oncographe d'Hallion et Comte par nous modifié; en bas : modifications de la pression carotidienne enregistrées au moyen du manomètre à mercure. Aux points marqués par les flèches, on a injecté dans la saphène, en I et II : 0mg,5 de dioxyphényléthanoléthylamine hydrochlorique en solution dans 0cm³,5 de soluté physiologique de chlorure de sodium; en III : 0mg,005 d'adrénaline dissous dans 0cm³,5 de ce même soluté. Entre la fin de I et le début de II, l'animal a reçu, en cinq injections intraveineuses successives, 600mg de bulbocapnine hydrochlorique pure de Merck. Tracés réduits de 35 pour 100.

sensibles, ne peuvent inverser l'hypertension produite par les doses moyennes d'adrénaline dont l'action sur les vasodilatateurs est relativement beaucoup plus faible.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur l'utilisation de l'acide salicylique comme aliment énergétique par les Azotobacter du sol.* Note de MM. **Gustave Guittonneau** et **René Chevalier**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

L'important problème de l'utilisation des composés aromatiques ternaires par les microbes fixateurs d'azote du sol a été récemment posé par Winogradsky ([1]). Mais, tandis que les benzoates se sont révélés, dès les premières recherches, comme d'excellents aliments énergétiques pour les Azotobacter, il n'en a pas été de même des corps à fonctions phénoliques, dont le cas méritait, d'après Winogradsky lui-même, d'être examiné de plus près. Notre attention a été particulièrement retenue par les acides oxybenzoïques et nous avons tout d'abord démontré que le salicylate (ortho-oxybenzoate) de sodium est, sous certaines conditions de doses, un bon aliment pour beaucoup de souches d'Azotobacter du sol.

1° *Comportement des Azotobacter du sol sur milieux électifs au salicylate de sodium.* — Les milieux électifs adoptés ont été les plaques de silicogel pour fixateurs d'azote de Winogradsky ([2]) ne renfermant comme source de carbone organique que des doses variables de salicylate de sodium. Une plaque mannitée servait de référence dans chaque essai.

Les terres retenues pour l'étude ont été choisies de qualités culturales variées dans diverses régions françaises. Sous des indices numériques qui les rangent dans l'ordre décroissant de leur fertilité, on les a désignées par les lettres J ou C suivant qu'elles proviennent de jardins ou de champs cultivés. Une centaine de grains (grosseur d'un grain de chenevis ou de millet) de chacune d'elles servaient à l'ensemencement d'une plaque de 20^{cm} de diamètre (200^{cm^3} de silicogel).

Le tableau suivant indique le pourcentage de grains fertiles c'est-à-dire ayant, plus ou moins vite, donné naissance à des colonies d'Azotobacter, au cours d'une incubation d'épreuve de 15 jours à 30°.

([1]) *Ann. Inst. Pasteur*, 48, 1932, p. 116.
([2]) *Ann. Inst. Pasteur*, 40, 1926, p. 455.

Matière énergétique (grammes pour 1 plaque).		Nombre de grains fertiles pour 100 grains ensemencés.					
		J_1.	J_2.	J_3.	C_1.	C_2.	C_3.
Salicylate de sodium.	1,5	6	3	–	0	0	0
»	1	39	5	–	2	0	1
»	0,500	66	62	1	25	13	2
»	0,250	86	75	2	53	30	1
»	0,125	82	54	2	48	44	9
Mannite.............	2	100	100	45	100	96	48

On voit que : 1° si certaines terres à Azotobacter (C^3 et J^3) ne renfermaient que peu de souches actives vis-à-vis de l'acide salicylique, nos sols très fertiles en renfermaient au contraire un nombre important (J^1, J^2, C^1, C^2); 2° dans ces derniers sols, l'action activante du salicylate sur les Azotobacter a été d'autant plus générale, et plus comparable à celle de la mannite, que les doses employées étaient plus faibles. Ajoutons que, sur les plaques très pauvres en salicylate ($0^g,125$ et au-dessous), les colonies d'Azotobacter, insuffisamment nourries, restaient trop petites pour être facilement et exactement dénombrées.

De l'ensemble des résultats précédents, on peut finalement dégager la notion que les différentes souches ou races d'Azotobacter des sols semblent inégalement adaptées à l'attaque et à l'utilisation du salicylate.

2° *Réactions des Azotobacter du sol à un apport de salicylate dans le milieu naturel.* — Suivant les principes de la méthode directe (Winogradsky) nous avons étudié les réactions biologiques de nos terres types à des apports de salicylate.

Les examens microscopiques nous ont permis de discerner dans les terres J^1 et C^1, après apports de salicylate, un certain accroissement du nombre et de l'importance des colonies de coccus moyens (diamètre de 1^{μ} à $1^{\mu},5$) de la florule autochtone. Mais les résultats obtenus dans cette voie étaient loin d'avoir toute la netteté désirable. Par contre, nous avons obtenu de belles colonies d'Azotobacter sur plaques de terres (J^1 et C^1), moulées après humidification convenable et incorporation de 0,1 à 0,2 pour 100 de salicylate de sodium. C'est ainsi que, sur une plaque de 4^{cm} de diamètre préparée avec la terre J^1 salicylatée à 0,12 pour 100, nous avons pu compter 56 colonies d'Azotobacter après 4 jours d'incubation en chambre humide à 30°.

3° *Attaque directe du salicylate par une souche d'Azotobacter en culture pure.* — Pour démontrer que dans les essais précédents les fixateurs aérobies avaient pu utiliser directement le salicylate sans le secours d'aucune bactérie spécifique des phénols, il était nécessaire d'avoir recours aux cultures pures.

Une souche d'Azotobacter, isolée de la terre C[1], a été cultivée à l'état de pureté, en couche mince, dans 50^{cm^3} d'une solution nutritive renfermant les éléments minéraux habituels et 2,5 pour 1000 de salicylate de sodium. A l'étuve à 30°, la totalité de l'acide salicylique du milieu a disparu en 20 jours (réaction au perchlorure de fer); on a noté une alcalinisation très nette du milieu (résidu Na de l'attaque) en même temps qu'une fixation d'azote correspondant à 7^{mg} pour 1^g d'acide salicylique disparu.

La même souche, largement ensemencée sur plaques de silicogel de 20^{cm}, y faisait disparaître, à la même température, $0^g,5$ de salicylate en 4 jours. Le rendement de la fixation d'azote rapporté à la matière énergétique consommée (acide salicylique) était alors de 0,75 pour 100, chiffre voisin de la valeur 1 pour 100 souvent trouvée pour les cultures d'Azotobacter sur plaques mannitées.

BACTÉRIOLOGIE. — *Sur une dissociation du staphylocoque.* Note [1] de MM. **Anthelme Rochaix** et **Pierre Rivollier**, présentée par M. Hyacinthe Vincent.

Nous avons obtenu une dissociation du staphylocoque qui, outre l'intérêt propre du phénomène, nous a paru présenter des conséquences intéressantes à divers points de vue.

Technique. — En cultivant des staphylocoques dorés en bouillon T (Truche, Cramer et Cotoni), on obtient au bout d'un certain nombre de générations, des cultures constituées par de petits grumeaux, nageant dans un liquide plus ou moins clair. Une ou deux gouttes de ces cultures grumeleuses ensemencées, après dilution par étalement sur gélose ordinaire, en boîtes de Petri, donnent, au bout de 24 heures d'étuve, des colonies de deux types :

1° Les unes petites, opaques et présentant un pigment jaune plus ou moins foncé ou doré (type A);

---

(1) Séance du 6 juillet 1936.

2° Les autres plus grandes, très blanches et comme porcelainées (type B).

En partant de colonies bien séparées et en recommençant l'opération précédente, un certain nombre de fois, on arrive à une dissociation complète des deux types et à une culture pure, tout au moins en apparence, de chacun d'eux.

Les staphylocoques du type A donnent, dans les cultures, des grumeaux nageant dans un liquide clair et se déposant rapidement au fond du tube.

Ceux du type B donnent des cultures très homogènes, avec léger voile à la surface et petit dépôt blanc dans le fond du tube.

Pour fixer les deux types, on repique le type A en milieu T et le type B en eau ou bouillon peptoné ordinaire. On arrive ainsi, au bout d'un nombre variable de repiquages, mais toujours considérables, à obtenir les deux variétés, avec un caractère de stabilité assez grand.

Caractères différentiels des types A *et* B. — Nous avons signalé les caractères différentiels macroscopiques des cultures et des colonies. Au point de vue microscopique et des caractères de coloration, on n'observe aucune différence.

Les deux types peuvent liquéfier la gélatine, mais le type A a une action protéolytique très marquée. Au point de vue de la fermentation des glucides et des glucosides (nous en avons étudié 24) : pas de différence.

Par contre, le type A a une action hémolytique souvent totale, toujours très accusée; le type B n'a qu'une action nulle ou véritablement insignifiante.

Quant à l'agglutination par les sérums de lapins normaux, ou les immunsérums provenant soit du type A, soit du type B, il se produit une agglutination spontanée (tubes témoins) qui ne permet guère d'apporter des précisions, mais il semble que les immunsérums préparés avec le type A favorisent la mise en agglutination des souches de ce même type.

L'agglutination par la trypaflavine avait permis à Sabatucci d'obtenir deux types de dissociation. Il n'y a pas de différence entre nos deux types vis-à-vis de cette réaction.

D'autre part, appliquée aux six souches originelles dont nous avons obtenu nos types de dissociation, la méthode de Sabatucci aurait abouti à la production de trois souches S et de trois souches R. La dissociation que nous avons obtenue est donc absolument différente de celle de Sabatucci.

L'agglutination non spécifique par la chaleur ne nous a donné, en ce qui concerne le staphylocoque, que des résultats négatifs.

Phénomène de réversibilité. — Il est possible de passer d'un type à l'autre,

mais alors qu'on peut transformer facilement un type A en type B (deux à trois repiquages suffisent), il faut, au contraire, pour passer de B à A un nombre considérable (une trentaine) de repiquages en bouillon T. Mais tous les caractères de chaque type n'évoluent pas en même temps au cours de la réversibilité et il est difficile d'obtenir des types paraissant purs.

Pouvoirs pathogène et antigène. — A ces deux points de vue, la différence entre nos deux types est très nette. Le type A se montre beaucoup plus pathogène que le type B. Dans certaines de nos expériences sur le lapin, le type B n'a pas tué, à la même dose, cet animal qui mourait en 36 heures, à la suite de l'injection du type A.

Quant à la valeur antigène, elle est plus grande pour le type A que pour le type B. Des lapins vaccinés (cinq injections) avec des staphylocoques du type A et avec des staphylocoques du type B, étaient inoculés, avec une dose rapidement mortelle pour les témoins, par voie intraveineuse. Les lapins vaccinés avec le type B sont toujours morts assez rapidement, ceux vaccinés avec le type A survivaient ou ne mouraient qu'à une échéance plus longue.

Conclusions — 1° Le type A, grumeleux en bouillon T est seul à donner des colonies présentant un pigment jaune doré alors que le type B en est totalement dépourvu. Ce fait intéressant paraît résoudre la question si longtemps controversée de la nature (variétés ou espèces) des staphylocoques jaunes dorés et des staphylocoques blancs. Il paraît s'agir pour les staphylocoques *flavus*, *aureus* et *cereus-albus*, de *types de dissociation* qui se produiraient spontanément *in vivo* comme *in vitro*, dans des conditions à déterminer.

2° Le type A a une valeur antigène supérieure à celle du type B. On aurait donc avantage à obtenir et à utiliser des types A pour la préparation des vaccins antistaphylococciques.

3° Il est vraisemblable, mais le fait reste à vérifier, que le type A secrète une toxine plus active que le type B, étant donné son pouvoir pathogène plus élevé. Il semble qu'on pourrait tirer parti de ces faits au point de vue de la préparation de l'anatoxine staphylococcique.

La séance est levée à 15^h40^m.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 15 juin 1936.)

Note de M. *V. Agafonoff*, Les sols-types de la Tunisie :

Page 2001, dans la tête du tableau, *au lieu de* $\frac{Al^2O^3\,mol}{Fe^2O^3\,mol}$, *lire* $\frac{SiO^2\,comb.\,mol}{Fe^2O^3\,mol}$.

(Séance du 22 juin 1936.)

Note de M. *B. Hostinsky*, Sur les mouvements qui dépendent du hasard :

Page 2031, ligne 5 en remontant, *lire* Markoff ne parle pas des mouvements; il n'introduit que des probabilités des phénomènes abstraits.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 20 JUILLET 1936.

PRÉSIDENCE DE M. JEAN PERRIN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie le décès de M. **Paul Stroobant**, Correspondant pour la Section d'Astronomie, survenu à Saint-Gilles-les-Bruxelles le 15 juillet 1936.

GÉOLOGIE. — *Les coprolithes des phosphates nord-africains.* Note de M. **Lucien Cayeux**.

Le terme coprolithe a été fréquemment employé dans le passé pour désigner, par abus de langage, des concrétions et des nodules d'origine foncièrement différente de celle des coprolithes proprement dits. En bonne logique, le vocable est maintenant réservé aux matériaux répondant à l'étymologie du mot, c'est-à-dire à des excréments d'animaux (Poissons et Reptiles).

Autant les coprolithes typiques sont rares dans les craies phosphatées du Nord de la France et de la Belgique, autant ils sont répandus dans les phosphates de l'Afrique du Nord. A vrai dire leur degré de fréquence y est assez élevé pour qu'on les puisse compter parmi les caractéristiques de la plupart des phosphates en question. C'est à leur présence, et à elle seule, que nombre de phosphates africains sont redevables d'une texture grossière, parfois très prononcée.

Les phosphates meubles du célèbre gisement de Kourigha (Maroc) se

prêtent tout particulièrement à l'étude des coprolithes, du fait qu'ils sont libres dans le dépôt, et qu'il est possible de les collectionner par milliers dans les matériaux éliminés par le criblage des phosphates bruts. Ce sont des éléments de forme généralement cylindrique, dépassant rarement 2^{cm} de long et mesurant au plus 1^{cm} de diamètre. Leur section transversale est circulaire et, par exception, elliptique. Complets, ils sont rétrécis et arrondis à leurs extrémités et parfois terminés par des cônes surbaissés à sommet arrondi. Tous ont une surface lisse, l'unique ornementation consistant en étranglements transversaux superficiels, non équidistants, toujours peu nombreux, et absents dans la majorité des individus. Beaucoup d'entre eux sont fragmentaires et d'aspect usé. Leur teinte est le plus souvent gris très clair et parfois jaunâtre. Observés *in situ*, ils gisent dans toutes les positions sans trace de classement, et toujours avec des dimensions très supérieures à celles des grains phosphatés les plus volumineux.

Au microscope, les coprolithes des phosphates nord-africains affectent une morphologie très variée, témoignant d'une fragmentation facile et d'une certaine fragilité. En tout cas les éléments incomplets et de forme irrégulière l'emportent en moyenne. Les uns se révèlent d'une homogénéité absolue, tandis que les autres accusent une différenciation de la matière. Aux premiers, se rapportent une foule de sections incolores, faiblement jaunâtres ou teintées en jaune de différentes nuances. Leur taille non moins que leur parfaite limpidité sollicitent immédiatement l'attention dans l'examen des coupes. Tout différents, les seconds englobent une matière pigmentaire très fine, inégalement répartie, concentrée par places, distribuée en zones, régulières ou non, parallèles ou divergentes, parfois contournées, voire ordonnée, de manière à revêtir un aspect tordu. Il en est, parmi ces éléments qui rappellent de façon frappante, le facies de certaines pâtes vitreuses, chargées de traînées pétrosiliceuses. Ces produits, si variés de physionomie, évoquent l'idée d'une matière hétérogène, plastique, déformée, étirée et comme pétrie.

Quelles qu'en soient les modalités, ces coprolithes ont en commun deux propriétés principales :

1° Tous sont constitués par du phosphate de chaux n'exerçant pas la moindre action sur la lumière polarisée.

2° Chose tout à fait imprévue, ces coprolithes sont, à de très rares exceptions près, privés d'inclusions minérales ou organiques. En abordant leur étude, on pouvait s'attendre à y observer de nombreux représentants

du plankton des mers qui ont engendré les phosphates, ainsi que des débris de tissu osseux, appartenant aux poissons notamment. En dépit de l'abondance des dents fossiles dans les gisements analysés, il est impossible d'identifier le plus petit fragment de tissu osseux inclus dans les coprolithes. L'exclusion en est absolue. On ne voit guère que deux explications à invoquer pour résoudre cette énigme : ou bien, tous les matériaux d'origine pélagique ingérés par les poissons et reptiles marins, restes de tissu osseux compris, ont été assimilés au point que tout vestige en a disparu ; ou bien, le régime des poissons et reptiles en cause n'avait rien de carnassier.

De toutes façons l'étude des coprolithes des phosphates nord-africains pose un problème de biologie dont on ne saurait méconnaître l'importance et la généralité, et sur lequel nous n'avons aucune lumière pour l'instant. Ce qui est vrai, à cet égard, pour les phosphates du Maroc, de l'Algérie et de la Tunisie, ne l'est pas moins pour ceux d'Égypte et des États du Levant sous mandat.

BIOLOGIE FLORALE. — *Sur la température des spadices d'*Arum italicum *L.* Note [1] de M. **Louis Blaringhem**.

Les observations faites au cours des printemps de 1935 et de 1936 portent sur plusieurs centaines de spadices et comprennent près de 2000 lectures. Les populations d'*Arum italicum* introduites à Bellevue (S.-O.) à la station Berthelot sont restreintes et homogènes ; celles de l'*Arboretum* Gaston Allard à Angers, beaucoup plus variables et dues certainement à des hybridations. Les lectures faites au thermomètre à mercure et parallèlement à l'aiguille thermoélectrique d'un lot isolé de 10 spadices à caractères uniformes, le 6 mai 1936 par temps calme et tiède, fournissent un cas moyen et des remarques importantes pour l'analyse du phénomène.

Une vingtaine de touffes d'*Arum italicum*, répartis sur moins d'un mètre carré de talus ensoleillé jusqu'à midi, donne 10 spadices d'âges différents à spathes incolores ; les lectures au thermomètre à mercure commencent à 7^h ; chaque spadice étant protégé de la lumière solaire directe 10 minutes avant ; la température extérieure est 10°, l'état hygrométrique 72 ; sauf pour le spadice âgé, fané depuis deux jours qui donne 19°, les températures à 7^h

[1] Séance du 15 juillet 1936.

sont légèrement supérieures à celles du sol 12° $^1/_2$ et uniformes. L'élévation de température est manifeste à 8h; les lectures au thermomètre à mercure plongeant jusqu'au fond des spathes sont faites de 3 en 3 heures dans l'ordre numérique, contrôlées par l'aiguille thermoélectrique. Au cours de la journée l'état hygrométrique passe de 70 à 60, progressivement :

Tableau I. — *Températures données par le thermomètre à mercure.*

Température	8h.	11h.	14h.	17h.
	°	°	°	°
de l'air entre les spadices......	11	19	20	16
du sol à — 2cm	12 $^1/_2$	18	14 (ombre)	14 (ombre)
de spadice 1 fané + 2 jours...	20	22	22	19
» 2 ouvert + 1 jour..	13	15	19	19
» 3 ouvert + 1 jour..	13	18	21 $^1/_2$	19
» 4 fermé — 1 jour...	13+	20	22	19 $^1/_4$
» 5 fermé — 2 jour...	13	18	21	19 $^1/_4$
» 6 s'ouvre.........	12 $^1/_2$	19	22	20
» 7 fermé — 3 jours..	13	20	23 $^1/_2$	19 $^1/_4$
» 8 fermé — 2 jours..	16	20	21	19
» 9 ouvert + 1 jour..	17	21	21	19 $^1/_2$
» 10 vient de s'ouvrir.	18	21	24	19 $^3/_4$

Notons le fait, il est à peu près constant, que les températures sont nivelées à la fin de la journée, dépassent de 2 à 3 degrés celle de l'air ambiant. Peu marquée à 7h, si l'on met à part le spadice 1 fané (19°), l'élévation de température est manifestement individuelle à partir de 8h et graduée dans le même sens, quoique inférieure à celle de l'air ambiant. Le spadice 10 le plus chaud à 8h est aussi le plus chaud à 11h et à 14h; l'excès est de 7 degrés à l'ouverture du spadice. Les spadices ouverts la veille (2, 3, 9) se comportent de même, avec atténuation des différences avec l'air ambiant par suite d'une large communication avec celui-ci; les irrégularités, je veux dire les individualités, sont bien marquées pour les spadices fermés surtout si l'on fait les différences de températures entre 11h et 8h (7°, 5°, 7°, 4°), entre 7h et 14h (9°, 8°, 10°,5, 5°) et les écarts sont dans le même sens; le plus jeune spadice dont la spathe ne s'ouvrira que dans 3 jours gagne 10°,5 alors que la température ambiante ne varie que de 9°.

Tous ces résultats, sauf le dernier, s'accordent avec l'ensemble de mes observations au cours de deux années; les spadices fécondés à spathes fanées sont stabilisés; les crises de température sont la règle pour les spadices fermés ou sur le point de s'ouvrir; elles sont apparentes, mais

atténuées dans les spadices ouverts depuis un jour, sans doute par conductibilité de l'air; en fait, les paroxysmes (fièvre de l'arum) sont beaucoup plus fréquents dans les périodes sèches (état hygrométrique 40).

II. La température développée à l'intérieur de la spathe est l'effet d'une combustion localisée surtout dans les organes mâles en voie de maturation sexuelle. L'emploi de l'aiguille thermoélectrique permet de déceler les foyers et les lectures faites sur le même matériel entre 9^h et 10^h30^m confirment les indications que j'ai données en 1933 et les complètent (1). L'aiguille est d'abord stabilisée à la terre à 2^{cm} sous le sol; on note les déviations exprimées en degrés centigrades de la terre à la pointe du spadice après avoir enfoncé l'aiguille de 5^{mm}, d'abord dans l'*axe* portant la spathe et cela de 2 en 2^{cm}; ces déviations sont exprimées ici par une moyenne; puis A, piqûre au bas et à l'intérieur de la spathe; B, dans l'axe portant les ovules; C, dans l'axe portant les fleurs mâles; D, dans le bâtonnet; E, à la base et F à la pointe du fléau, ou massue qui termine l'inflorescence; les excès de température *par rapport à la terre* sont indiqués ci-dessous.

TABLEAU II.

*Excès de température des organes reproducteurs de l'*Arum italicum *dans les tissus piqués par l'aiguille thermoélectrique* (en degrés centigrades).

Spadice.	Axe.	A.	B.	C.	D.	E.	F.
1.......	2 1/2	3	2 1/2	2	3	2	1
2.......	0	1/2	2 1/2	3 1/2	2 1/2	2 1/2	1
3.......	2	1/2	1 1/2	4 1/2	1 1/2	1	1/2
4.......	3	3	3 1/2	4	2	2	1/2
5.......	1	2	2	3	4 1/2	4	4
6.......	2	3	3 1/2	2 1/2	3	3 1/2	4
7.......	2 1/2	3 1/2	4	4 1/2	3 1/2	3 1/2	3 1/2
8.......	2	2	2	3	2	2	2
9.......	3	3	3	2 1/2	1	2	1
10.......	3	4	7	10	4	2	1

Le spadice 10 montre une crise de combustion des organes mâles, l'aiguille à l'air donne 14, le thermomètre à mercure 20; les graduations étant comparables à un demi-degré près, l'excès de température de la partie mâle sur l'air extérieur est en ce point privilégié de 9 degrés. Si l'on se rapporte au Tableau I on constate que l'excès de température dans la spathe est à peine marqué à 8^h, s'accentue à 11^h, devient très net à 14^h;

(1) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 1551.

autrement dit une seule lecture au thermomètre à mercure ne suffit pas pour déceler les crises; il faut répéter les lectures à intervalles réguliers, ou encore plonger le réservoir du thermomètre dans les tissus ce que j'ai pu faire souvent pour contrôler une indication en amorçant la perforation par une cheville non conductrice.

Le Tableau II fournit aussi l'explication de l'augmentation notable de température constatée au thermomètre à mercure dans la spathe entourant le jeune spadice 7, qui ne s'ouvrira que trois jours plus tard; l'aiguille thermoélectrique montre une déviation tout le long de l'axe et du spadice, légèrement accentuée dans la zone mâle et au-dessus; cette fois le foyer n'est pas localisé et c'est l'ampleur du foyer pour une atmosphère restreinte qui provoque l'élévation du thermomètre à mercure.

Les spathes ouvertes depuis peu montrent des variations quant à la répartition des foyers; pour le spadice 6 la crise mâle est terminée, l'excès de température est marqué dans les ovaires et à l'extrémité du fléau; mais l'inverse a lieu pour le spadice 3. Mêmes divergences individuelles pour les spadices (5, 8) jeunes. Ici, et j'en ai d'autres preuves, les excès de température se comportent comme une vague ascendante de la base à la pointe du spadice et tout se passe comme si ils accompagnaient les déplacements d'une vague de sève ascendante, dont on peut noter les effets par la turgescence.

En résumé les excès de température dans les spathes d'*Arum* peuvent être provoqués par la fermentation (spathe âgée), par la maturation d'ensemble de l'inflorescence (spathes jeunes), par des poussées de sève ascendante dominées par le sol, l'atmosphère ambiante, l'individualité. Les facteurs purement physiques ont pour effet de régulariser les écarts et d'atténuer dans une forte mesure les discontinuités d'ordre biologique, je puis presque dire d'ordre chimique, dus à la succession, dans un ordre défini, des mutations sexuelles.

ZOOLOGIE. — *Observations relatives à l'Écrevisse sur la constitution des flancs chez les Crustacés.* Note de M. **Louis Bouvier**.

En 1885, le zoologiste autrichien Claus dans une étude consacrée aux larves des Crustacés décapodes du genre *Penæus* (¹), observa que l'appareil

(¹) C. Claus, *Arb. Zool. Institut Wien.* 6, 1, 1885.

branchial de ces larves se développe sur le sympode ou pédoncule basal des pattes, et que la partie proximale de ce pédoncule entre finalement dans la constitution des flancs du thorax où elle apporte sa branchie, cette dernière étant, de ce fait, ce que l'on appelle une pleurobranchie alors que les panaches respiratoires annexés aux deux autres articles du sympode (*coxa* et *basis*) sont des arthrobranchies (situées sur la membrane articulaire qui relie la coxa aux flancs du corps), ou des podobranchies (c'est-à-dire des panaches dressés sur le basis). Peu après, en 1893, le zoologiste Hansen, de Copenhague, étudiant la morphologie comparée des appendices chez les Arthropodes ([1]) montrait que, dans leurs formes primitives, ces appendices comprennent une partie basale de trois articles, notamment chez les Crustacés où un article *præcoxal* relie la coxa aux flancs et peut entrer dans la constitution de ceux-ci; beaucoup plus tard, dans les parties II (1925) et III (1930) des *Studies on Arthropoda*, où il a merveilleusement présenté les résultats de ses longues et persistantes recherches, le même zoologiste maintient contre Borradaile d'un côté, contre Thiele de l'autre, sa manière de voir sur la triarticulation primitive du sympode des Crustacés et conclut en disant que, « chez les Décapodes l'article précoxal doit être regardé comme la partie branchifère des parois latérales du thorax », ce qui est une généralisation des idées de Claus.

Je ne crois pas que les observations de Claus aient soulevé des contestations, mais il n'en a pas été de même sur la triarticulation du sympode, encore que Hansen l'ait signalée chez les Apus, les Nébalies, les Mysis, les Apseudes et l'admet, plutôt qu'il ne la démontre, chez les Crustacés décapodes où elle semble lui paraître incontestable. C'est bien en effet dans ce dernier groupe qu'on peut mettre en pleine évidence la réalité de vue de Claus et de Hansen : mais encore faut-il le faire et bien choisir les espèces, car toutes les formes ne se prêtent point à ce genre de démonstration. L'Écrevisse me paraît excellente à cet égard comme le montrera la présente Note.

Les pattes thoraciques de l'Écrevisse sont au nombre de cinq paires et bien connues dans leurs parties saillantes. Ce qui semble avoir été ignoré jusqu'ici, c'est que toutes présentent à leur base un article précoxal bien distinct, qui reste libre et mobile aux pattes de la dernière paire alors que, dans les autres, il entre pour une part dans la constitution des flancs internes de la chambre branchiale.

([1]) H. J. Hansen, *Zool. Anz.*, 16, 1893.

Examinons d'abord les pattes de la dernière paire [1]. Dans le groupe astacien et dans l'Écrevisse notamment, elles sont portées sur un sternite libre, mobile sur le reste du sternum thoracique dont les pièces segmentaires sont concrescentes, ce que l'on avait observé depuis longtemps. L'article coxal de ces pattes est rattaché au bord postérieur des flancs de la cavité branchiale par une forte pièce qui, vers le haut, proémine en bouton où s'élève une branchie; cette pièce a été reconnue par tous les auteurs qui la regardent comme une portion des flancs et donnent justement le nom de pleurobranchie au plumet branchial qu'elle porte. Mais la dite pièce n'est point absorbée par les flancs; elle reste indépendante et assez mobile, réliée à ceux-ci, à la coxa et au sternite par une mince membrane articulaire; elle fait ainsi portion intégrante de l'appendice au même titre que les autres articles. Ce qui la distingue c'est sa position basale, son plumet branchial et, un peu au-dessous de celui-ci, une dépression ovalaire un peu molle qui représente peut-être le tracé d'une seconde branchie ancestrale. En tout, avec leur article précoxal indépendant et mobile, les pattes de la dernière paire de l'Écrevisse sont restées à un stade tenu pour primitif chez les Arthropodes.

Les pattes des quatre paires précédentes prennent une part beaucoup plus grande au système respiratoire : sur leur article coxal on décrit partout une podobranchie dont les filaments garnissent l'épipodite lamelleux, et sur la membrane articulaire qui rattache aux flancs l'article coxal, deux plumets branchiaux ou arthrobranchies; on signale de même sur les flancs, au-dessus des pattes de la quatrième et de la troisième paire, un filament simple que l'on tient pour une pleurobranchie réduite. Cette assimilation ne saurait faire le moindre doute, car lesdits filaments sont situés au bord antérieur d'une pièce incluse dans les flancs [2], dont elle représente la partie basale, où elle se distingue, à un simple examen, par son épaisseur plus grande, par son bord dorsal bien distinct notamment aux pattes III et IV, enfin et surtout par le sillon profond qui sépare les pièces contiguës sans se prolonger plus haut sur le reste des flancs. Ces pièces contiguës des quatre paires, avec ou sans filament pleurobranchial sont, de toute évidence, les homologues de l'article précoxal des pattes

---

(1) Voir Th. H. Huxley, *L'Écrevisse*, 1880, p. 112.

(2) Le filament est inséré sur une légère, à la même place, au niveau des pattes de la deuxième paire, on observe une saillie semblable qui, chez certains exemplaires, porte aussi un filament.

postérieures. A ma connaissance, on ne les avait pas signalées jusqu'ici, ou plutôt, on ne les localisait pas sur les flancs internes de la chambre respiratoire. En réalité, elles n'en forment que la partie basale, qui est relativement restreinte, la portion des flancs qui les continue et les domine appartient au thorax pour se réfléchir ensuite en dehors et former la paroi externe ou branchiostégite de la chambre respiratoire.

Ainsi toutes les pattes de l'Écrevisse ont la même structure primitive, avec des articles précoxaux à peu près de même taille que la coxa, libres aux pattes postérieures, incorporés aux flancs mais distincts tout de même dans les pattes précédentes. Par là se trouvent amplement justifiées les vues de Claus et de Hansen, ce qui ne saurait surprendre, car l'Écrevisse est regardée comme une forme plutôt primitive dans le groupe des Crustacés décapodes.

Ce qui paraît curieux et surprendra davantage, c'est que l'on ait mis si longtemps pour signaler des dispositions aussi intéressantes et pleines d'enseignement; car l'Écrevisse est une espèce excessivement commune, qui, dans le groupe des Crustacés, joue le même rôle que le Cobaye dans celui des Mammifères; il n'est pas d'étudiant ni de laboratoire qui ne l'ait soumise au scapel. C'est pour cela sans doute qu'on la suppose bien connue. Voici près de 50 ans (1), quelle ne fut pas ma surprise d'y découvrir au bout de l'abdomen, une franche continuité entre les artères dorsale et ventrale, disposition semblable à celle observée précédemment par Delage chez les Crustacés isopodes. Même chez les espèces les plus répandues, la nature est loin de nous avoir livré tous ses secrets.

BIOLOGIE PHYSICOCHIMIQUE. — *Essai d'électrophorèse à l'intérieur des cellules végétales.* Note de M. **Alexandre Guilliermond** et Mlle **N. Choucroun**.

Ayant la possibilité, grâce aux dispositifs décrits par l'un de nous (2), d'étudier l'action d'un champ électrique connu sur une cellule, sans avoir à craindre l'intervention chimique d'ions produits aux électrodes, nous avons recherché comment un tel champ agirait sur les constituants morphologiques de la cellule. Il serait, en effet, intéressant de connaître pour

(1) E.-Bouvier, *C. R. Soc. Biol.*, 8e série, 5, 1888, p. 156, et *Bulletin scient. de Giard*, 3e série, 1, 1888, Pl. XVIIII, p. 269.

(2) N. Choucroun, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 777; 199, 1934, p. 36.

des éléments comme le noyau, le signe de l'électrisation, c'est-à-dire le sens du champ qui, entre les deux feuillets de la couche double électrique appliquée sur l'élément, intervient sans doute dans la régulation des échanges au travers de cette surface.

Nous avons choisi, pour objet d'étude, des cellules végétales qui sont déjà connues comme étant les plus favorables à l'observation vitale, et dans lesquelles il est possible de distinguer nettement tous les détails de structure (cellules épidermiques des écailles bulbaires d'*Allium Cepa*, des pièces du périanthe de la fleur de Tulipe, des feuilles, bractées et pièces florales d'*Iris germanica* et d'*Iris pallida*, feuilles d'*Elodea canadensis*).

Nous avons employé un appareil à électrophorèse du type précédemment décrit, cuve plate creusée dans une glace plane, et formée par deux rigoles en U réunies par une rainure plate, l'appareil ayant pour dimensions 70^{mm} de long et 45^{mm} de large, et utilisé de la manière suivante : on recouvre les parties AA′ et BB′ par des glaces adhérant parfaitement à la cuve (par l'intermédiaire d'une couche mince de paraffine). On remplit la partie inférieure de chaque tube en U de gélatine conductrice baignée d'un côté par le milieu conducteur où plonge l'électrode, de l'autre côté par la solution qui baigne le lambeau d'épiderme examiné. Celui-ci est placé dans la rainure, puis recouvert d'un mince couvre-objet adhérant à la cuve et aux glaces A et B par des joints de paraffine. On observe avec un objectif à immersion (*fig.* 1).

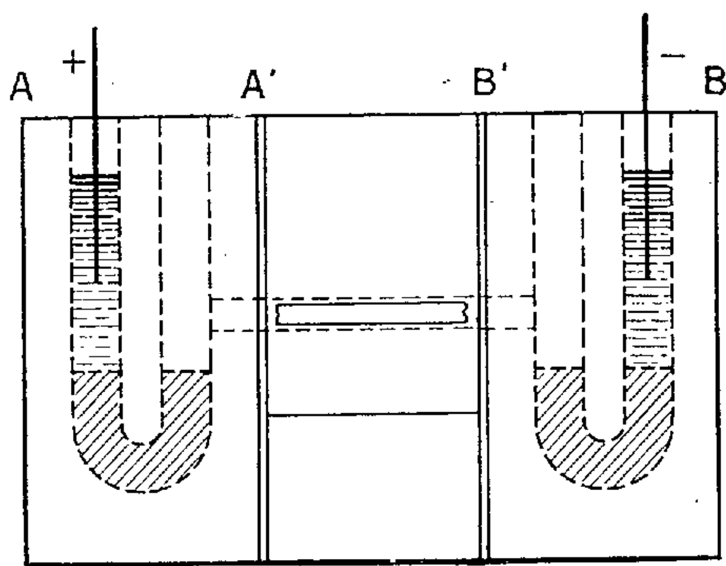


Fig. 1.

Nous avons eu la surprise de constater que, tant que la cellule est vivante, aucun mouvement ne se produit dans son intérieur sous l'action du champ, alors cependant que certains éléments sont entraînés par des

courants cytoplasmiques, et d'autres animés de vifs mouvements browniens dans la vacuole.

En d'autres termes, la cellule, tant qu'elle est vivante, protège ses éléments intérieurs contre l'établissement d'un champ électrique imposé par l'extérieur, soit qu'on doive la considérer comme s'enveloppant d'une gaine conductrice protectrice, soit plus vraisemblablement que sa matière se polarise, les charges électriques alors développées à sa surface équilibrant l'action du champ extérieur, selon des mécanismes d'électrostatique bien connus.

Si le champ est assez intense et que l'on prolonge son action, la cellule est tuée (selon un mécanisme qui reste à comprendre). Alors l'électrophorèse se produit et les éléments chargés qui se trouvent à l'intérieur de la cellule se déplacent dans un sens qui nous renseigne sur le signe de la charge qu'ils ont *alors*. Il n'est pas certain, mais il est possible que ce signe n'ait pas changé au cours des modifications profondes qui se produisent au moment de la mort. Cette permanence du signe de la charge accroîtrait l'intérêt des observations suivantes, mais nous ne devons pas oublier qu'elles se rapportent à des cellules déjà tuées.

Parmi toutes les cellules que nous avons déjà étudiées, nous choisirons comme exemple, pour résumer nos résultats, les cellules épidermiques d'*Allium*, que l'on peut avoir pendant toute l'année, et que nous avons étudiées avec le plus de précision. Les lambeaux d'épiderme détachés à l'aide d'une aiguille lancéolée étaient montés dans le liquide de Ringer.

Toutes nos expériences montrent avec la plus grande évidence que, tant que la cellule est vivante, aucun mouvement ne se produit dans son intérieur, sous l'action du champ électrique, même lorsque celui-ci est très élevé, de l'ordre de 50 volts/cm. Le noyau, le cytoplasme, et les mitochondries ne manifestent aucune altération visible et la circulation du cytoplasme continue très active, comme en témoigne le déplacement en divers sens des nombreuses granulations graisseuses qu'il tient en suspension.

La mort des cellules s'effectue toujours sous l'action du champ au bout d'un temps plus ou moins long selon l'intensité du courant et selon la position de la cellule dans l'épiderme. On constate d'abord, de place en place, un décollement de la pellicule ectoplasmique qui se sépare de la paroi cellulosique et l'on observe au niveau de ces décollements un déplacement du cytoplasme qui se fait toujours vers le pôle positif. Au cours de ce déplacement, la vacuole semble entraînée avec le cytoplasme. Cependant, dans certaines cellules, on n'observe aucun mouvement, ce qui ne peut s'interpréter qu'en supposant que le cytoplasme adhère fortement à la

paroi cellulosique ou bien, ce qui semble plus vraisemblable, que le milieu est devenu très visqueux. Au moment où le cytoplasme s'est partiellement décollé et se déplace sous l'action du champ électrique, les mitochondries sont vésiculisées et parfois très apparentes, mais jamais elles n'ont un mouvement indépendant de celui du cytoplasme qui, sans doute, les entraîne avec lui. Quant aux granulations graisseuses, elles se déplacent très fortement et sont également négatives (*fig.* 2).

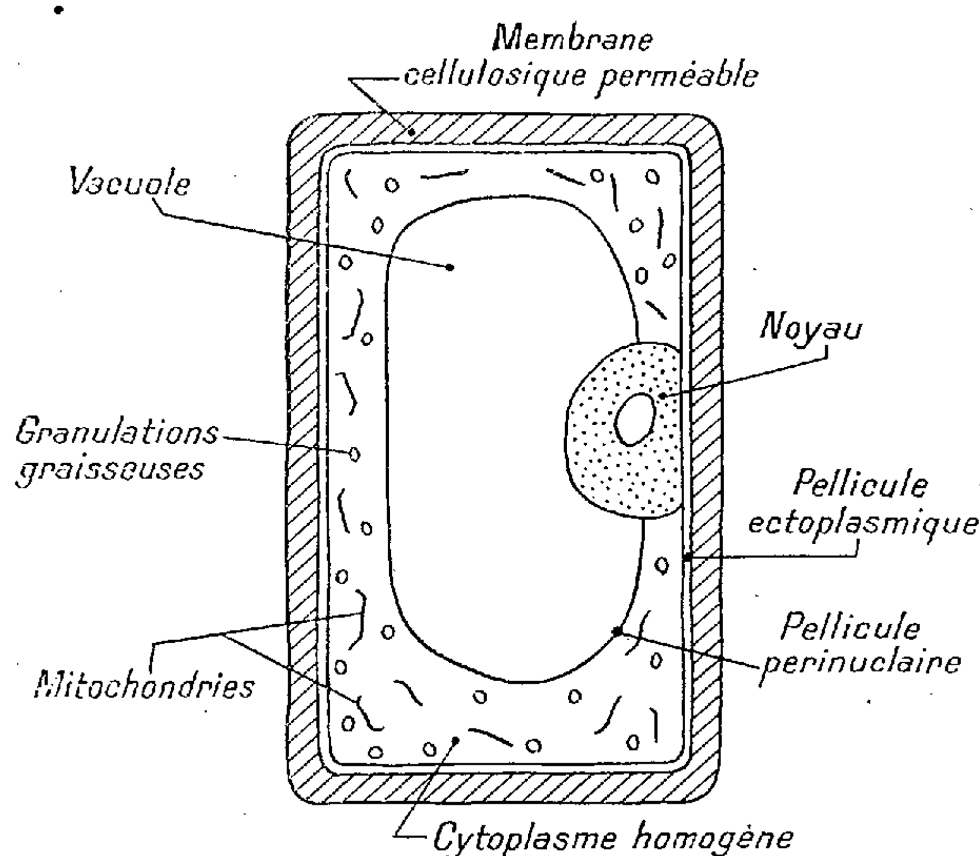


Fig. 2. — *Schéma de la structure de la cellule épidermique d'Allium cepa.*

Le noyau présente des phénomènes très intéressants : il prend d'abord une structure granulo-alvéolaire qui s'accentue de plus en plus, puis il subit une série de dilatations suivies de contractions quand on change le sens du champ, la dilatation (déplacement) se faisant dans le sens du pôle positif. Assez souvent apparaissent en même temps dans le cytoplasme avoisinant le noyau de petites vacuoles de néo-formation qui sembleraient provenir d'une exsudation du noyau. Le plus souvent, en effet, on voit alors se produire dans le noyau une grosse vacuole, tandis que la périphérie de celui-ci prend un aspect homogène et d'une réfringence très accusée, puis la vacuole disparaît et le noyau tout entier devient homogène et très réfringent. Parfois, sa membrane se tend fortement en un point donné, puis se contracte à nouveau et ainsi de suite jusqu'à ce qu'il se produise une véritable rupture, puis brusquement le noyau s'évanouit : il subit une dissolution. Dans certains cas, on peut avant cette dissolution observer le déplacement du noyau à

l'intérieur de la cellule, noyau auquel adhèrent des brides de cytoplasme. Ce déplacement se produit toujours, comme celui du cytoplasme vers le pôle positif : le noyau est donc lui-même porteur de charges négatives. Enfin, il nous est arrivé d'observer le déplacement du nucléole dans le noyau, ce déplacement correspondant également à une charge négative.

Si l'on répète ces expériences sur un lambeau d'épiderme monté dans le liquide de Ringer additionné de rouge neutre, on constate des phénomènes analogues : tant que les cellules restent vivantes, leur noyau et leur cytoplasme sont incolores et le colorant est exclusivement localisé dans la vacuole. Dès que la mort se produit sous l'action du champ, la vacuole perd sa coloration et le noyau se colore; en même temps le colorant se rassemble sur la paroi cellulaire. C'est alors seulement que se produisent des mouvements sous l'action du champ : le noyau est attiré cette fois vers le pôle négatif, le signe de son électrisation ayant sans doute été changé par le rouge neutre.

Ainsi on ne peut arriver à provoquer dans la cellule vivante aucune action du champ sur les éléments chargés qui sont à l'intérieur. Cette *défense de la matière vivante*, propriété sans doute importante pour le maintien de son équilibre, n'a jamais, à notre connaissance, été signalée.

Certains auteurs, en particulier Lehotzky [1], ont bien essayé d'étudier l'action du champ électrique sur des cellules vivantes et des tissus, mais leur technique ne leur a réellement permis que d'observer l'action chimique des ions qui se forment aux électrodes. Ce qui caractérise notre dispositif c'est qu'il nous permet d'échapper à toute intervention qui peut masquer l'action propre du champ électrique.

M. **Émile Borel** rend compte de la participation de la délégation de l'Académie au *Congrès international des mathématiciens*, tenu récemment à Oslo.

M. **Jean Perrin** fait hommage à l'Académie de son Ouvrage *Les Atomes, rédaction nouvelle.*

---

(1) *Archiv für experimentelle Zellforschung*, **18**, H. 1, 1935, p. 3.

ÉLECTIONS.

Par la majorité absolue des suffrages, MM. **H. Deslandres** et **R. Bourgeois** sont réélus membres du *Conseil de perfectionnement de l'École Polytechnique*.

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de l'Éducation nationale** invite l'Académie à lui désigner ceux de ses Membres qui feront partie des *Comités techniques* de la Caisse Nationale de la Recherche scientifique.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Jean Timmermans. *Les Solutions concentrées. Théorie et applications aux mélanges binaires des composés organiques.* (Présenté par M. J. Perrin.)

GÉOMÉTRIE. — *Géométrie intégrale sur les surfaces courbes.* Note [1] de M. **Mendel Haimovici**, présentée par M. Élie Cartan.

1. *Densité d'un champ de vecteurs.* — En chaque point d'une surface dont l'élément linéaire est donné par

$$ds^2 = \sum_{i,j=1}^{2} g_{ij}\, dx^i\, dx^j; \tag{1}$$

considérons un vecteur unitaire a, dont les composantes soient a^1, a^2 et le vecteur unitaire b orthogonal à a. Soient

$$p = \sum_{i,j} g_{ij} \dot{a}^i b^j = -\sum_{i,j} g_{ij} a^i \dot{b}^j,$$

$$v = \sum_{i,j} g_{ij} b^j \dot{x}^i,$$

---

(1) Séance du 6 juillet 1936.

où nous avons posé

$$\dot{a}^i = da^i + \sum_{j,k} \Gamma^i_{jk} a^j \dot{x}^k$$

$$\dot{b}^i = db^i + \sum_{j,k} \Gamma^i_{jk} b^j \dot{x}^k \qquad (\dot{x}^i = dx_i),$$

Γ^i_{jk} étant les symboles de Christoffel.

Le produit extérieur $G = [p, \nu]$ sera défini comme « densité » du champ de vecteurs a (¹). Ce produit est invariant pour les transformations de coordonnés sur la surface.

2. *Densité de lignes géodésiques.* — Soit l'intégrale

$$\int G \tag{2}$$

étendue à un domaine quelconque. Considérons, par chaque point du domaine, tracée la ligne géodésique tangente au vecteur a issu de ce point. L'intégrale (2) reste invariante lorsque chaque point se déplace sur la géodésique correspondante, a restant tangent et b orthogonal à cette géodésique. Le domaine transformé sera constitué par les points déplacés. Par suite, la densité d'un champ de vecteurs peut être désignée comme densité des lignes géodésiques.

3. On peut démontrer que l'intégrale (2) est (jusqu'à un facteur constant) la seule intégrale d'ordre au plus égal à 1 dans les coefficients de la forme (1) et dans les composantes du vecteur, et qui possède toutes les deux propriétés d'invariance vis-à-vis d'une transformation des coordonnées et d'un déplacement sur les géodésiques.

L'invariant intégral G est égal à l'invariant intégral de la dynamique, $I = \int \sum [dp_i\, dx^i]$ (²), lorsque les forces sont nulles. Le domaine d'intégration de I est donné par $p_i = \sum_j g_{ij} a^j$.

(¹) La notion de densité d'un ensemble de droites dans le plan et, plus généralement, la notion de densité d'un ensemble de variétés planes E_p dans un E_n a été introduite par M. W. Blaschke : voir Blaschke, *Integralgeometrie*, Paris, 1935, p. 7 et *Vorlesungen über Integralgeometrie*, Berlin, 1935, p. 5. C'est la lecture de ces Mémoires du savant allemand qui nous a suggéré le sujet de cette Note.

(²) Voir par exemple E. Cartan, *Leçons sur les invariants intégraux*, Paris, 1922, p. 17.

On peut encore observer que G est la dérivée extérieure de $\sum_{ij} g_{ij} a^i dx^j$.

4. *Généralisation d'une formule de M. W. Crofton.* — Soit Σ une portion de surface telle que chaque géodésique soit déterminée par deux de ses points, soit P′ et P″. Soient S′ et S″ les éléments d'aire décrits respectivement par les points P′, P″, et G la densité des géodésiques P′P″. Soient encore $y_1(s)$ et $y_2(s)$, où s est l'arc de géodésique mesuré à partir d'un point P, deux intégrales particulières de l'équation de Jacobi

$$\frac{d^2 y}{ds^2} + Ky = 0,$$

(où K est la courbure gaussienne de la surface) assujetties à la condition que la valeur constante de l'expression

$$y_1 y'_1 - y_2 y'_1$$

soit égale à 1. On a alors

$$S'S'' = [y_1(s') y_2(s'') - y_1(s'') y_2(s')] G\, ds'\, ds'',$$

s' et s'' étant les abcisses des points P′, P″ respectivement.

Dans le cas de la géométrie euclidienne, $K = 0$, on peut prendre $y_1(s) = 1$, $y_2(s) = s$, et nous retrouvons la formule de Crofton ([1])

$$S'S'' = (s'' - s') G\, ds'\, ds''.$$

En géométrie sphérique, $K = \frac{1}{R^2}$, on peut prendre, $y_1(s) = \cos \frac{s}{R}$, $y_2(s) = R \sin \frac{s}{R}$ et l'on a

$$S'S'' = R \sin \frac{s'' - s'}{R} G\, ds'\, ds''.$$

Enfin, en géométrie hyperbolique, $K = -\frac{1}{R^2}$, $y_1(s) = \operatorname{ch} \frac{s}{R}$, $y_2(s) R \operatorname{sh} \frac{s}{R}$, donc

$$S'S'' = R \operatorname{sh} \frac{s'' - s'}{R} G\, ds'\, ds''.$$

([1]) Voir par exemple W. Blaschke, *op. cit.*, p. 16.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Séries de Fourier lacunaires. Théorèmes inverses.* Note de MM. **Norbert Wiener** et **Szolem Mandelbrojt**, présentée par M. Émile Borel.

Les inégalités qui interviennent dans les théorèmes I et II de Mandelbrojt, théorèmes dont une nouvelle démonstration a été indiquée dans une Note précédente (¹), ne peuvent pas être améliorées. Étant donné que les hypothèses du théorème II entraînent celle du théorème I, il suffit de démontrer notre affirmation pour le théorème II. Nous pouvons en effet démontrer le théorème suivant :

Quel que soit $\sigma < 1$, on peut construire une fonction $f(t)$, non identiquement nulle, indéfiniment dérivable (périodique de période 2π), telle que

$$f(t) = \Sigma a_{n_\nu} \cos n_\nu t$$

avec $\Sigma n_\nu^{-\sigma-\varepsilon} < \infty$, $\Sigma n_\nu^{-\sigma+\varepsilon} = \infty$ $(\varepsilon > 0)$, *et telle que* $|f^{(n)}(x)| < m_n$ $(n = 0, 1, \ldots)$, *où*

$$\lim \frac{\log m_n}{n \log n} = \frac{1}{\sigma},$$

et enfin, telle que $f^{(n)}(-\pi) = f^{(n)}(\pi) = 0$ $(n = 0, 1, \ldots)$.

Ce théorème améliore d'une certaine manière un théorème de Mandelbrojt, qui ne porte que sur une suite infinie de valeurs de σ.

La démonstration du théorème que nous venons d'énoncer va encore être basée sur la théorie des transformées de Fourier (de Wiener et Paley); et tout comme dans la Note précédente, ce sont les éléments de cette théorie qui interviennent dans les démonstrations de la théorie de la quasi-analyticité qui permettront d'éviter cette dernière.

Passons maintenant à la construction de notre fonction $f(t)$; posons

$$\Phi(z) = \sin z \left[z \prod_{N}^{\infty} \left(1 - \frac{z^2}{\left[\nu^{\frac{1}{\sigma}}\right]^2} \right) \right]^{-1},$$

($[x]$ désignant la partie entière de x), N étant suffisamment grand pour que les quantités $\left[\nu^{\frac{1}{\sigma}}\right]$ $(\nu \geqq N)$ soient toutes différentes, et considérons la fonction

$$f(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \Phi(z)\, e^{itz}\, dz.$$

(¹) Mandelbrojt et Norbert Wiener, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 34.

Comme on a sur deux droites $y = \pm a$ $(a > 0)$

$$\Phi(z) = O(e^{-k|z|^\sigma}) \qquad (k > 0),$$

la même inégalité est valable, d'après le principe de Phragmèn-Lindelöf, sur l'axe réel lui-même.

On peut, par conséquent, écrire

$$\int_{-\infty}^{\infty} \left[\sum_{n=1}^{\infty} \frac{x^n}{\left(\frac{2n}{ek}\right)^{\frac{n}{\sigma}}} \Phi(x) \right]^2 dx < \infty$$

et

$$\int_{-\infty}^{\infty} |x^n \Phi(x)|^2 du = o(\mathrm{A}n)^{\frac{n}{\sigma}}.$$

Mais il résulte de la théorie des transformées de Fourier que

$$\int_{-\pi}^{\pi} |f^{(n)}(t)|^2 dt = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} |\Phi(x) x^n|^2 dx,$$

d'où l'on conclut que

$$|f^{(n-1)}(t)| = \left| \int_{-\pi}^{t} f^{(n)}(t)\, dt \right| \leq \int_{-\pi}^{\pi} |f^{(n)}(t)|\, dt = o(\mathrm{A}n)^{\frac{n}{\sigma}}.$$

On vérifie alors immédiatement que $f(t)$ possède toutes les propriétés précisées.

ÉLASTICITÉ. — *Sur le flambage d'une tige en milieu résistant élastique.* Note [1] de M. **Jean Mandel**, présentée par M. Albert Caquot.

Le flambage d'un système élastique à deux dimensions (passage brusque pour une certaine charge, d'un état d'équilibre interne, unique et stable pour une charge inférieure, à un état d'équilibre nouveau qui rend le précédent instable) peut se ramener à un problème à une dimension, si le système est décomposable en éléments à une seule dimension, identiques et identiquement chargés. En vue d'application à de tels systèmes, où l'interdépendance des différentes parties crée des résistances élastiques aux déformations de chacune d'elles, j'ai étudié le flambage, sous l'action

---

(1) Séance du 18 mai 1936.

d'une compression F, d'une tige rectiligne, soumise en outre à des résistances aux déplacements transversaux v, proportionnelles à ceux-ci, réparties sur la longueur de la tige, à raison de kv par unité de longueur, et à des couples résistant aux rotations (dv/dx), répartis à raison de $m(dv/dx)$ par unité de longueur. (L'axe des x est la position de la fibre moyenne de la tige avant déformation.)

La relation entre le moment fléchissant et la courbure de la fibre moyenne, dérivée deux fois, donne

$$\text{(1)} \qquad \mathrm{EI}\frac{d^4 v}{dx^4} + (\mathrm{F} - m)\frac{d^2 v}{dx^2} + kv = 0$$

(E, module d'Young; I, moment d'inertie de la section par rapport à son axe neutre).

L'effet des couples résistant aux rotations est donc une simple augmentation de la charge critique F; supposons désormais $m = 0$.

Si l'on pose

$$\left.\begin{array}{ll} \xi = x\left(\dfrac{k}{\mathrm{EI}}\right)^{\frac{1}{4}}, & \text{abscisse réduite} \\ \varphi = \dfrac{\mathrm{F}}{\sqrt{\mathrm{EI}\,k}}, & \text{force réduite} \end{array}\right\} \text{nombres sans dimensions.}$$

L'équation (1) devient

$$\frac{d^4 v}{d\xi^4} + \varphi\frac{d^2 v}{d\xi^2} + v = 0.$$

Sa solution est

$$v = p\cos u\xi + q\cos\frac{\xi}{u} + p_1\sin u\xi + q_1\sin\frac{\xi}{u},$$

u étant une racine (réelle ou imaginaire) de l'équation

$$u^4 - \varphi u^2 + 1 = 0.$$

Les constantes p, q, p_1, q_1 déterminées par les conditions à la limite imposées par les liaisons (quatre équations homogènes), ne sont différentes de 0, que s'il existe entre u et λ (demi-longueur *réduite* de la tige), ou encore, puisque $\varphi = u^2 + 1/u^2$, entre φ et λ, une certaine relation

$$f(\varphi, \lambda) = 0$$

qui permet de calculer la charge critique.

Cas particulier. — Les deux extrémités de la tige ne peuvent subir aucun déplacement transversal ($v = 0$), mais peuvent tourner librement ($v'' = 0$).

La relation est

$$u\lambda = n\frac{\pi}{2} \qquad (n \text{ entier}),$$

ou

$$\varphi = n^2\frac{\pi^2}{4\lambda^2} + \frac{4\lambda^2}{n^2\pi^2} \qquad \text{ou encore} \qquad F = \frac{n^2\pi^2 EI}{4l^2} + \frac{4l^2}{n^2\pi^2}k.$$

L'entier n (celui qui donne la plus petite valeur à F) est l'entier le plus rapproché, soit par excès, soit par défaut, de $2/\pi.\lambda$.

La déformation ($v = p\cos u\xi$ si n impair, $v = p_1\sin u\xi$ si n pair) comporte, dans la longueur de la tige, un nombre de demi-ondes, n, qui dépend de la résistance k (plus exactement du rapport sans dimension $k : EI/l^4 = \lambda^4$, résistance réduite; l est la demi-longueur de la tige).

La fonction $\varphi(\lambda)$ présente une série d'oscillations, correspondant aux valeurs successives de n; toutes ont le même minimum $\varphi = 2$, et leur amplitude décroît (λ croissant) comme $1/n^2$. F tend donc rapidement vers $2\sqrt{EIk}$; au surplus cette valeur en est toujours une limite inférieure, et l'écart est toujours au plus égal à $\pi^2 EI/4l^2$ force qui provoquerait le flambage en l'absence de résistances.

Cas général. — La relation $f(\varphi, \lambda) = 0$ ne peut être résolue par rapport à l'une ou l'autre des variables. On peut néanmoins montrer que :

1° Pour une faible résistance réduite, la charge critique peut se développer sous la forme

$$F = F_0 + \rho k l^2 + \ldots;$$

F_0, charge critique pour une résistance nulle; ρ, nombre dépendant des liaisons.

2° Lorsque la résistance réduite croît, le nombre des sinuosités dans la longueur de la tige, sensiblement $\lambda/2\pi.\sqrt{\varphi + 2}$ croît.

La fonction $\varphi(\lambda)$ présente des oscillations successives, d'amplitude rapidement décroissante. Quelles que soient les liaisons, on connaît une limite inférieure de φ, en considérant sa valeur pour une tige libre (aucune liaison).

3° Lorsque la résistance réduite tend vers l'infini, φ tend vers une limite égale à 2 (liaisons rigides), ou à 1 (pas de liaisons, à une extrémité au moins), ou comprise entre 1 et 2 (liaisons élastiques).

Nous avons appliqué ces considérations au flambage en accordéon d'une enveloppe cylindrique, ainsi qu'au flambage des poutres composées et des pylônes.

MÉCANIQUE PHYSIQUE. — *Module élastique de certains composés définis intermétalliques*. Note [1] de MM. **Albert Portevin** et **Léon Guillet fils**, présentée par M. Léon Guillet.

A l'encontre de la majorité des propriétés physiques et mécaniques qui éprouvent des variations, souvent considérables, du fait des changements de constitution et de structure, le module élastique apparaît relativement peu affecté par ces changements, soit qu'ils accompagnent les modifications de composition chimique, soit qu'ils résultent de l'effet des traitements thermiques.

C'est ainsi que, d'après les études faites sur divers alliages [2], le module élastique varie linéairement en condition isotherme, en fonction de la composition chimique, méconnaissant en première approximation les modifications de concentration des solutions solides et celles de structure [3]. Le module apparaît donc, ainsi que l'a fait remarquer l'un de nous [4], comme une propriété atomique [5], dont la valeur, ou tout au moins l'ordre de grandeur, peut se déduire, par la règle des mélanges, des valeurs des modules des composants; ceci paraît s'étendre aussi à divers composés minéraux [6].

C'est pour cela d'ailleurs qu'il est si difficile d'élever la valeur du module des métaux par des additions en faibles proportions alors que, par ce moyen joint à l'action des traitements thermiques, on peut obtenir des caractéristiques mécaniques atteignant plusieurs fois la valeur de celles du métal de base (exemple des alliages Fe-C, Al-Cu, Cu-Gl).

Divers auteurs étrangers : Bernal, Dehlinger, Goldschmidt, Hume-Rothery, etc. [7], ont classé les combinaisons mentionnées jusqu'alors

---

(1) Séance du 6 juillet 1936.

(2) A. Portevin et P. Chevenard, *Comptes rendus*, **181**, 1925, p. 716 et 780; *Chimie et Industrie*, **16**, 1926, p. 434; L. Guillet Fils, *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 1321 et **201**, 1935, p. 960.

(3) Par contre, l'analyse des déformations élémentaires montre l'influence possible de la structure (A. Portevin, *Rev. Mét.*, **20**, 1923, p. 49) mais qui statistiquement est un fait de second ordre dans les alliages étudiés expérimentalement.

(4) A. Portevin, *Bull. Soc. Ing. Civils*, **76**, 1923, p. 486.

(5) Ceci est en accord avec les variables du module observées lors du passage par le point de Curie dans des alliages ferromagnétiques.

(6) A. Portevin, *Comptes rendus*, **187**, 1923, p. 634.

(7) Voir A. Portevin, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, **3**, 1936, p. 1189.

parmi les alliages étudiés en leur assignant un caractère prédominant et distinguent notamment les composés définis métalliques de ceux homopolaires.

Nous avons donc déterminé le module de divers alliages ayant des compositions représentant ou avoisinant celles des composés métalliques mentionnés comme appartenant aux diverses classes ainsi indiquées.

Les modules ont été déterminés, soit par méthode des pendules sympathiques de Le Rolland et Sorin, soit par flexion encastrée, l'encastrement étant réalisé sans effort latéral, en déterminant optiquement la flèche.

Les difficultés rencontrées résultent des propriétés mêmes des combinaisons choisies, surtout celles qui ont le caractère non métallique; elles sont à la fois difficilement usinables et très fragiles, aussi la préparation d'éprouvettes cylindriques par tournage a-t-elle été très délicate.

En outre ces combinaisons présentent souvent des défauts de fonderie, notamment des soufflures : on a contrôlé par radiographie les barreaux coulés et, en outre, on a multiplié les déterminations, craignant la présence de discontinuités. Ces discontinuités ne peuvent d'ailleurs que diminuer le module, de sorte que les valeurs trouvées ne sont éventuellement affectées d'erreurs que par défaut. Nous avons, en outre, contrôlé les modules des métaux composants lorsque les valeurs publiées nous ont paru trop anciennes ou douteuses.

Les résultats les plus typiques sont résumés dans le tableau suivant :

Composition de l'alliage en poids %.	Composé défini correspondant ou voisin.	Valeur du module élastique trouvé expérimentalement (kg/mm²).	Valeur du module d'après la règle des mélanges (kg/mm²).	Écart en valeur absolue.	Écart en % du module.
Cu = 68,00	$Cu^{31}Sn^{8}$	12400	10300	2100	20
Cu = 84,25	$Cu^{9}Al^{4}$	16600	12600	4600	40
Cu = 18,16	$CuZn^{6}$	12000	8700	3300	40
Cu = 47,22	CuZn	10000	10200	200	2
Ag = 68,00	$Ag^{3}Sb$	6000	6200	200	3
Zn = 82,00	$MgZn^{2}$	7000	7300	300	4

Dans l'ensemble apparaissent deux catégories de composés définis :

1° Ceux dont le module suit approximativement la règle des mélanges, ce sont ceux indiqués comme étant de caractère métallique tel que CuZn, même si ce caractère n'est que partiel comme $Ag^{3}Sb$ et $MgZn^{2}$ classé comme homopolaire métallique par Bernal (1), et $SnMg^{2}$ indiqué comme ionique métallique par le même auteur.

(1) *Trans. Farad. Soc.*, 25, 1929, p. 367.

2° Ceux dont le module, contrairement à ce qui avait été constaté jusqu'à présent pour les alliages, dépasse notablement la valeur assignée par la règle des mélanges (comme les valeurs trouvées ne peuvent être erronées que par défaut, ce résultat est hors de doute). Ce sont précisément ceux indiqués comme homopolaires et dont les composés Cu^5Zn^8, Cu^9Al^4 à mailles γ complexes sont le type.

La composition correspondant à la combinaison $CuZn^6$ indiquée par Browniewski (¹) rentrerait dans cette catégorie.

Il y a lieu de rapprocher ces résultats des constatations déjà faites sur les modules de divers composés définis minéraux (²) : ceux ioniques tels que KCl, Co^3Ca, CaF^2 ont un module obéissant à la règle des mélanges alors que Al^2O^3 qui, d'après Grimm et Bragg est homopolaire ou partiellement ionique a un module dépassant notablement la valeur calculée. Malheureusement les propriétés mécaniques, notamment la fragilité de ces corps empêchent pour le moment de mettre à profit la valeur élevée du module ainsi constatée.

SPECTROSCOPIE. — *Nouveaux systèmes de bandes de l'anhydride sélénieux* SeO^2, *du sélénium* Se^2 *et du tellure* Te^2 *dans l'ultraviolet lointain.* Note de M. **Choong Shin-Piaw**, transmise par M. Charles Fabry.

Nous avons fait une étude systématique des spectres d'absorption des vapeurs d'anhydride sélénieux, de sélénium et de tellure dans l'ultraviolet lointain, et nous avons découvert de la sorte plusieurs spectres de bandes nouveaux de ces corps. La région explorée principalement est celle du spectrographe à fluorine, pour l'étude de laquelle nous disposions d'un appareil à prisme d'une dispersion de 18Å/mm vers λ1840. Pour la région d'absorption accessible au spectrographe dans l'air, c'est-à-dire pour les longueurs d'onde au-dessus de λ1975, des recherches complémentaires ont été effectuées à l'aide d'un petit appareil en quartz du type Féry, dont la dispersion est de 7Å/mm vers λ2000. Enfin, pour les longueurs d'onde plus grandes que λ2260, les bandes ont été photographiées avec un grand spectrographe ordinaire en quartz, dont la dispersion moyenne, pour la

(¹) Broniewski, Jablonski et Maj, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 411.

(²) A. Portevin, *loc. cit.*

région étudiée est de 4 Å/mm. Le tube d'absorption est un cylindre en silice de 10^{cm} de longueur fermé par deux fenêtres concaves extrêmement minces. Le fond continu nécessaire est fourni par un tube à hydrogène d'une puissance de 900 watts environ.

I. *Nouveau système de bandes de l'anhydride sélénieux* SeO^2. — Comme le laissait prévoir une Note [1] précédente, nous avons trouvé un troisième système de bandes de SeO^2. Ce système qui apparaît à une température d'environ 200°, s'étend de 2069 à 2195 Å et comprend une dizaine de bandes. Toutes les bandes sont dégradées, comme celles des autres systèmes connus, vers le rouge. L'ensemble des têtes est bien représentable par la formule

$$V = 45554,0 + [558\, v' - 0,5\, v'^2] - [767\, v'' - 12\, v''^2]$$

dans laquelle V désigne comme à l'ordinaire le nombre d'ondes par centimètre de la tête de la bande, v' et v'' les quanta de vibration dans l'état supérieur et dans l'état inférieur.

Incidemment, signalons que le système de bandes qui se trouve dans la région 1 (*loc. cit.*) a été prolongé de λ 2400 à 2200 environ.

II. *Nouveaux systèmes de bandes du sélénium* Se^2. — Le spectre nouveau du sélénium commence à se manifester vers 230°. Il s'étend de 1777 à 1939 Å environ, et comprend une vingtaine de bandes. Ces bandes se groupent en deux systèmes distincts dont le premier (système A) possède des têtes assez nettes, mais les têtes du deuxième système (système B) sont au contraire très diffuses. Toutes les bandes du système A sont dégradées en sens inverse du système principal [2], c'est-à-dire vers le violet. Quant au sens des bandes du système B, il est impossible de le fixer avec certitude étant donné leur caractère diffus. Les têtes de bandes du système A, dont le nombre est de douze, peuvent être représentées approximativement par la formule

$$V = 52340,0 + [203\, v' - 0,6\, v'^2] - [381\, v'' - 0,3\, v''^2]$$

et les centres des bandes du système B par la formule

$$V = 56254,0 - 396\, v'' + 0,2\, v''^2.$$

Les coefficients du terme v'' de ces deux formules sont très voisins, il est donc très probable que l'état inférieur de ces deux systèmes est le même.

---

(1) L. Bloch, E. Bloch et Choong Shin-Piaw, *Comptes rendus*, 201, 1935 p. 654.

(2) B. Rosen, *Zeits. Phys.*, 43, 1927, p. 69; Olsson, *Zeits. Phys.*, 90, 1934, p. 138; T.-E. Nevin, *Phil. Mag.*, 20, 1935, p. 347.

Le fait que ces coefficients et celui du système principal sont presque identiques, indique que l'état inférieur des systèmes nouveaux est l'état fondamental de la molécule.

C'est une règle assez générale que la grandeur du coefficient de v' par rapport à celui de v'' dépend du sens de dégradation des bandes, et que celui de v' doit être le plus grand si les bandes sont dégradées vers le violet et *vice versa*. Cependant le système étudié contredit cette règle. Nous avons ici un exemple d'une anomalie qui a déjà été rencontrée dans le cas de S^2 par Wieland, Wehrli et Miescher [1].

III. *Nouveaux systèmes de bandes du tellure* Te^2. — Le tellure a un spectre d'absorption nouveau entre 1975 et 2495 Å environ. Ce domaine se divise en trois régions très nettes, par l'ordre d'apparition aussi bien que par la distribution d'intensité des bandes. La première région qui se manifeste vers 430°, s'étend de 1975 à 2107 Å et comprend une trentaine de bandes. La deuxième qui correspond à une température plus haute, se termine vers λ 2260 et comprend une vingtaine de bandes. Enfin la troisième région qui n'apparaît qu'à température élevée (vers 640°) possède aussi une trentaine de bandes. Les têtes de bandes nouvelles sont en général assez nettes. Les bandes sont toutes dégradées vers le violet, sauf quelques bandes faibles qui semblent dégradées dans l'autre sens. Avec les dispersions adoptées, aucune bande ne présente de structure de rotation.

La plupart des têtes de la première région peuvent être représentées par la formule

$$\nu = 49567,0 + 190v' - 257v'' + 1,8v''^2.$$

La constante de vibration qui correspond à l'état inférieur et celle du système principal [2] sont identiques; par conséquent ces deux systèmes ont l'état inférieur en commun. La formule ci-dessus, comme celle du sélénium, viole la règle signalée plus haut, nous avons ainsi un autre exemple d'anomalie.

Les bandes de la deuxième et troisième région sont entremêlés d'une manière assez compliquée. Il ne semble pas possible de les arranger actuellement dans des schémas de vibration.

En résumé, nous avons mis en évidence et étudié qualitativement et quantitativement plusieurs systèmes de bandes d'absorption entièrement nouveaux, appartenant respectivement aux molécules SeO^2, Se^2 et Te^2.

---

(1) *Helv. Phys. Acta*, 6, 1933, p. 460.

(2) B. Rosen, *Zeits. Phys.*, 43, 1927, p. 69.

SPECTROSCOPIE. — *Déplacements des membres supérieurs de la série principale du rubidium par des gaz rares.* Note de MM. **Ny Tsi-Ze** et **Ch'en Shang-Yi**, transmise par M. Charles Fabry.

L'effet de pression des gaz étrangers sur les raies spectrales est un problème très étudié expérimentalement et théoriquement. Récemment E. Amaldi et E. Segré (¹) ont observé les déplacements des membres supérieurs des séries principales du sodium et du potassium par l'hydrogène, l'azote, l'hélium et l'argon, et Ch. Füchtbauer, P. Schulz et A. Brandt (²) ont étudié le même problème avec les mêmes métaux en utilisant l'hélium, l'argon et le néon. Füchtbauer et ses collaborateurs (³) ont étendu l'étude au cæsium avec le mercure, le xénon et le krypton et des hydrocarbures. Nous nous sommes proposés d'étudier les déplacements des raies d'absorption du rubidium par l'hélium, le néon et l'argon.

Le tube d'absorption qui doit supporter un bon vide et en même temps des pressions élevées est en acier de $2^{cm},6$ de diamètre intérieur et de 120^{cm} de longueur, portant aux deux extrémités deux fenêtres de quartz. Une grande partie du tube est chauffée électriquement au moyen de fils de nickel-chrome qui sont enroulés de telle façon qu'une température uniforme soit réalisée sur une longueur de 40^{cm}. Au delà de la partie centrale la température décroît brusquement, les deux bouts du tube étant refroidis par une circulation d'eau. La température uniforme au centre du tube était d'environ 575 degrés absolus. Comme source lumineuse nous avons employé l'arc à charbon très pur et, comme appareil dispersif, le spectrographe E_1 de Hilger à optique de quartz.

Nous avons fait des mesures aux diverses pressions des gaz étrangers qui étaient tous spectroscopiquement purs. Les pressions maxima utilisées dans nos expériences étaient $12^{atm},75$ pour l'hélium, $13^{atm},59$ pour le néon et $7^{atm},12$ pour l'argon. Sous l'influence de l'hélium et du néon, les raies principales du rubidium se déplacent vers le côté de courtes longueurs d'onde, tandis que sous l'influence de l'argon, elles se déplacent vers le côté de grandes longueurs d'onde. Le déplacement par l'hélium augmente d'une

(¹) *Nature*, 133, 1934, p. 141; *Nuovo Cimento*, 11, 1934, p. 145.
(²) *Z. für Physik*, 90, 1934, p. 403.
(³) Ch. Füchtbauer et F. Gossler, *Z. Physik*, 93, 1935, p. 648; Ch. Füchtbauer et H. J. Reimers, *ibid.*, 95, 1935, p. 1, et 97, 1935, p. 1.

raie à la suivante, atteint un maximum faible à la raie 5S-12P et tend, à partir de la raie 5S-18P, vers une valeur constante qui est de 37,2 cm^{-1} sous $12^{atm},75$ à la température de 570° K. Les déplacements par le néon et l'argon augmentent continuellement quand on s'élève dans la série, et tendent vers une valeur constante de 0,43 cm^{-1} sous $8^{atm},07$ de néon à la température 590° K et de 33,4 cm^{-1} sous $7^{atm},12$ d'argon à 563° K.

D'après une théorie de Fermi (¹), le déplacement des termes élevés d'une série sous l'influence de la pression peut être décomposé en deux parties, dont l'une Δ_ε est liée à la polarisation des atomes perturbateurs dans le champ électrique du corps de l'atome de la vapeur absorbante et l'autre Δ_σ à la section efficace σ des gaz à l'égard des électrons très lents. De nos mesures des déplacements des raies du rubidium, nous déduisons pour sections efficaces des atomes contenus dans un centimètre cube sous une pression d'un millimètre de mercure $15^{cm^2},5$ pour l'hélium, $23^{cm^2},7$ pour l'argon et $0^{cm^2},24$ pour le néon, en bon accord avec les résultats obtenus dans les expériences faites avec le sodium et le potassium. Les deux premières valeurs concordent avec des mesures directes de Wahlin (²) sur des électrons de 0,03 volt. Nous confirmons ainsi que le déplacement des membres élevés de la série tend vers une limite qui ne dépend que du gaz perturbateur et non de la vapeur absorbante du métal.

Il est cependant à remarquer que pour le néon, la partie Δ_σ, qui est du même ordre que Δ_ε, n'est proportionnelle à la concentration que jusqu'à la densité 4 prise par rapport au même gaz dans les conditions normales. Au-dessus de cette densité elle augmente beaucoup plus vite que la loi linéaire théorique ne l'indique. Ceci a lieu aussi pour l'hélium au-dessus de la densité relative 5,5.

PHOTOÉLECTRICITÉ. — *Application de l'optique électronique à la photographie.* Note (³) de M. **André Lallemand**, présentée par M. Ernest Esclangon.

L'effet photoélectrique, même pour un éclairement très faible, est pratiquement instantané. Les photoélectrons libérés peuvent être accélérés dans un champ électrique et acquérir ainsi une énergie très grande; énergie

---

(¹) *Nuovo Cimento*, 11, 1934, p. 157.
(²) *Phys. Rev.* 37, 1931, p. 260.
(³) Séance du 6 juillet 1936.

qui pourra être utilisée à impressionner une plaque photographique. On aura réalisé une amplification de l'énergie lumineuse disponible et, en définitive, augmenté la sensibilité de la plaque photographique; ce qui peut avoir en astrophysique, en particulier, un intérêt remarquable (photographie et spectrographie).

Pour pouvoir tirer parti de l'accélération des électrons, il faut pouvoir faire converger en un même point de la plaque tous les électrons émis par un point de la photocathode. Non seulement l'optique électronique permet cette correspondance, mais il est possible d'obtenir avec des lentilles électriques ou magnétiques une véritable image de la photocathode sur la plaque photographique.

Le dispositif que j'ai réalisé, en vue d'étudier les résultats obtenus sur la plaque photographique, se compose : d'une cathode photosensible au potassium (de forme circulaire et de 8^{cm} de diamètre), d'un écran fluorescent au sulfure de zinc, situé à 35^{cm} de la photocathode et qui permet de voir directement l'image électronique; on peut substituer à cet écran une plaque photographique. L'appareil est entièrement en verre, l'optique électronique est constituée d'une part à l'aide d'une lentille électrique obtenue par une disposition convenable des argentures à l'intérieur du tube, d'autre part d'une lentille magnétique (bobine plate de 10^{cm} de diamètre parcourue par un courant de 0,5 A environ); elle permet la mise au point très exacte de l'image électronique. L'appareil comporte tous les rodages nécessaires à l'introduction et l'échange des plaques.

J'ai obtenu ainsi d'excellentes images électroniques. Avec un potentiel accélérateur de 6000 volts, la brillance du sulfure de zinc est du même ordre de grandeur que celle de la région illuminée de la photocathode. Comme la brillance du sulfure de zinc augmente très rapidement avec la vitesse des électrons et qu'il est possible d'utiliser des potentiels accélérateurs supérieurs à 6000 volts, on peut donc réaliser un dispositif dont le rendement lumineux ne soit pas limité comme celui d'un système optique.

Le montage que j'ai réalisé est aussi simple que possible, mais on peut très vraisemblablement en augmenter encore l'efficacité en recevant les électrons accélérés, non directement sur la plaque photographique, mais sur une surface capable de *multiplier* les électrons (1); on pourra reformer l'image électronique de cette surface et utiliser de nouveau cette image.

(1) ZWORYKIN, *Onde électrique*, 15, 1936 p. 265.

RAYONNEMENT COSMIQUE. — *Sur une corrélation possible entre l'intensité du rayonnement cosmique et la vitesse de certaines réactions chimiques.* Note [1] de M. **Jean Reboul**, présentée par M. Aimé Cotton.

Dans une Note précédente [2] il a été fait l'hypothèse que la formation d'eau oxygénée à l'air humide en présence de métaux comme le zinc, le magnésium ou le cadmium était facilitée par l'action d'un rayonnement très absorbable émis par tous les métaux. L'étude électrométrique de ce dernier, et notamment l'action exercée sur son émission par des écrans de plomb, montre qu'il faut le considérer, au moins en partie, comme un rayonnement secondaire excité par l'action du rayonnement cosmique. Il en résulte que la quantité d'eau oxygénée produite n'est peut-être pas la même quand les corps réagissants sont à l'extérieur ou à l'intérieur d'un écran de plomb suffisamment épais; par suite l'action exercée à distance par ces métaux sur la plaque photographique devrait être plus prononcée à l'extérieur d'un pareil écran qu'à son intérieur.

I. Les expériences, faciles à réaliser, sont conduites de la manière suivante. Après avoir nettoyé une lame de métal, on la place sur une plaque sensible, dont on la sépare par une lamelle de mica ($0^{mm},2$ d'épaisseur) portant une fenêtre qui découvre seulement une moitié de la plaque, on laisse agir pendant un temps déterminé à l'extérieur de tout écran.

On nettoie ensuite à nouveau la même lame métallique et en faisant tourner de 180° dans son plan la lamelle de mica interposée, on laisse agir pendant le même temps sur l'autre moitié de la plaque, mais en plaçant cette fois-ci l'ensemble à l'intérieur d'un écran de plomb dont les parois ont une vingtaine de centimètres d'épaisseur. On obtient ainsi des impressions sur deux plages juxtaposées, dont il est facile de comparer les opacités sans que l'on puisse faire de critiques quant à l'identité des émulsions ou des conditions de développement.

Exemples de résultats obtenus :

	Impression obtenue		Fond de plaque.
	avec écran.	sans écran.	
Expérience 1. — Métal employé : zinc. Pose : 6 heures.			
Densité	1,75	1,85	0,30
Expérience 2. — Métal employé : cadmium. Pose : 21 heures.			
Densité	0,80	0,83	0,51

[1] Séance du 15 juillet 1936.

[2] Jean Reboul, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1920.

Répétée 12 fois dans des conditions semblables, l'expérience a donné 8 résultats positifs, 2 cas douteux et 2 échecs; ces derniers peuvent tenir à l'impossibilité de réaliser des nettoyages identiques d'une même lame.

II. Dans le même ordre d'idées, des expériences ont été faites pour comparer les actions photographiques de ces mêmes métaux, quand on dispose l'expérience soit au sommet d'une tour d'une vingtaine de mètres de hauteur, soit au fond d'une cave de plusieurs mètres de profondeur. Les expériences étaient conduites comme il est indiqué dans le paragraphe précédent.

Exemples de résultats obtenus.

	Impression obtenue.		Fond de plaque.	Température moyenne.	
	Tour.	Cave.		Tour.	Cave.
Expérience 1. — Métal employé : magnésium. Pose : 24 heures.					
Densité....	1,93	1,91	0,59	16°,5	17°
Expérience 2. — Métal employé : cadmium. Pose : 48 heures.					
Densité....	1,84	1,69	0,77	18°	17°

Répétée 8 fois avec une lame de zinc dans des conditions analogues l'expérience n'a donné que des résultats positifs.

Il semble donc bien qu'un amoindrissement de l'action du rayonnement cosmique soit accompagné d'une diminution de l'impression photographique; si celle-ci est due, comme il semble, à la formation d'eau oxygénée, les expériences qui précèdent donnent des exemples de la corrélation qui peut exister entre l'intensité du rayonnement cosmique et la vitesse de certaines réactions chimiques.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Analyse des gerbes de rayons cosmiques par l'utilisation de leur divergence.* Note de M. **Pierre Auger** et de Mme **Grivet-Meyer**, présentée par M. Jean Perrin.

I. Les *gerbes* produites par les rayons cosmiques dans la matière sont composées de particules divergeant à partir d'un ou plusieurs centres. L'appareil détecteur généralement utilisé (Rossi) est formé d'un groupe de trois ou quatre compteurs de Geiger travaillant en coïncidence et dont les axes sont parallèles et non dans un même plan : il faut alors plusieurs trajectoires ionisantes simultanées (*cohérentes*) pour enregistrer une impul-

sion. Des écrans de plomb placés immédiatement au-dessus d'un tel système produisent de nombreuses gerbes; si on les éloigne verticalement le nombre des gerbes enregistrées décroît, à cause de la divergence des trajectoires (Rossi). Il nous a semblé qu'on pouvait baser une méthode d'analyse des effets secondaires des rayons cosmiques sur cet effet de *décohérence* des gerbes par la distance.

II. Nous avons d'abord étudié la cohérence des gerbes produites par des écrans de plomb horizontaux de grandes dimensions ($100 \times 150 \times 1^{cm},6$).

Le système détecteur était formé de trois compteurs de 28^{cm} de long et 27^{mm} de diamètre utile, et pouvait être placé à différentes distances au-dessous des écrans.

L'appareil à l'air libre compte 0,3 choc par minute. En le plaçant immédiatement sous les écrans, il donne 0,85 par minute. Ce nombre décroît lorsqu'on descend l'appareil, d'abord lentement jusqu'à 20^{cm}, puis assez vite pour atteindre 0,5 par minute, lorsque le centre du système de compteurs est à 30^{cm} au-dessous du plomb; au delà de cette distance, la diminution devient très lente.

On peut expliquer cela en remarquant qu'il faut au moins deux rayons ionisants pour déclencher le système, et que si le nombre des coïncidences décroît vers 20^{cm} de distance, c'est que l'écart angulaire moyen de deux rayons de gerbe est tel qu'à cette distance l'angle solide utile présenté par l'appareil a peu de chance de contenir deux trajectoires. La longueur des compteurs pouvant rendre l'effet de la distance moins net, nous avons fait les mêmes mesures avec des compteurs plus courts (10^{cm}).

III. Les résultats ci-dessus montrent qu'à 30^{cm} de distance avec le système de compteurs employés, la décohérence est déjà assez complète. Nous avons alors remplacé les écrans plans producteurs de gerbes par des écrans demi-cylindriques, formant une voûte au-dessus des compteurs. Pour l'écran proche, la voûte avait 50^{cm} de long et 6^{cm} de rayon; pour l'écran éloigné, 150^{cm} de long et 30^{cm} de rayon. L'épaisseur du plomb restant de $1^{cm},6$. L'effet de ces deux écrans est très différent, comme on le voit dans le tableau suivant, montrant que les gerbes produites dans la grande voûte ne sont plus efficaces à 30^{cm} de distance, à cause de leur divergence.

	Sans écran.	Écran proche.	Écran éloigné (30^{cm}).
Compteurs longs (écrans plans)	0,3	0,85	0,5
» (écrans en voûte)	0,3	1,62	0,6
Compteurs courts (écrans en voûte)	0,08	0,30	0,13

IV. On voit de suite le parti que l'on peut tirer de cette méthode pour séparer les deux effets antagonistes de tous les écrans : production de gerbes, absorption des rayonnements producteurs de gerbes et des gerbes elles-mêmes. Ainsi, une petite voûte de 10^{mm} d'épaisseur donne avec le système de compteurs longs 1,55 choc par minute. Si l'on ajoute à cette petite voûte un supplément de 8^{mm} de plomb, on a 1,6 choc par minute. Si ce supplément est placé, non pas sur la petite voûte, mais sous forme d'une grande voûte de 30^{cm} de rayon, et de la même épaisseur, on n'a plus que 0,9 choc par minute. Dans ce dernier cas, seule l'absorption des rayons producteurs de gerbes se fait sentir, tandis que sur la petite voûte, le plomb ajoute de nouvelles gerbes efficaces en même temps qu'il absorbe.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude des hydrates salins*. Note [1] de MM. **René Dubrisay** et **Jacques Lefol**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

Nous avons indiqué [2] la possibilité d'étudier les hydrates salins par un procédé consistant à placer, dans les dessicateurs, un poids connu du corps, en présence de solutions d'acide sulfurique et d'eau, de façon à réaliser une atmosphère d'état hygrométrique précis.

En déterminant par pesées successives l'augmentation, la diminution ou l'invariabilité du poids de la matière, nous avons pu fixer : d'une part, la composition; d'autre part (approximativement tout au moins), la tension de décomposition des divers hydrates. Le seul inconvénient de cette méthode est son extrême lenteur.

Nous l'avons accélérée, grâce à l'emploi de pesons à lecture directe qui existent maintenant dans le commerce et qui permettent d'évaluer à $0^{mg},5$ près, des poids de l'ordre de 200^{mg}.

Sur le plateau d'un semblable peson, une certaine quantité de matière est disposée en présence d'une solution d'acide sulfurique; le tout est recouvert d'une cloche dans laquelle le vide est obtenu par une pompe à palettes. Les équilibres s'établissent plus rapidement et les opérations décrites plus haut sont grandement facilitées. D'autre part, nous avons tiré des indi-

---

(1) Séance du 15 juin 1936.

(2) *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 1412.

cations intéressantes de l'aspect des courbes de déshydratation ou de réhydratation des corps en fonction du temps.

La figure 1 représente la déshydratation du sulfate de cuivre en présence d'anhydride phosphorique sous une pression de 8mm de mercure. Parti du sulfate à $5H^2O$, auquel nous avons ajouté un excès d'eau de façon à obtenir un ensemble contenant $8,6H^2O$ pour une molécule de sulfate anhydre, nous avons constaté, sur la courbe, une brisure très nette correspondant à l'hydrate à $5H^2O$, qui tend ensuite vers l'hydrate à $1H^2O$ sans qu'il se manifeste aucun autre accident.

Si, au lieu d'opérer sous la cloche en présence d'anhydride phosphorique, on place une solution sulfurique correspondant à une tension de vapeur

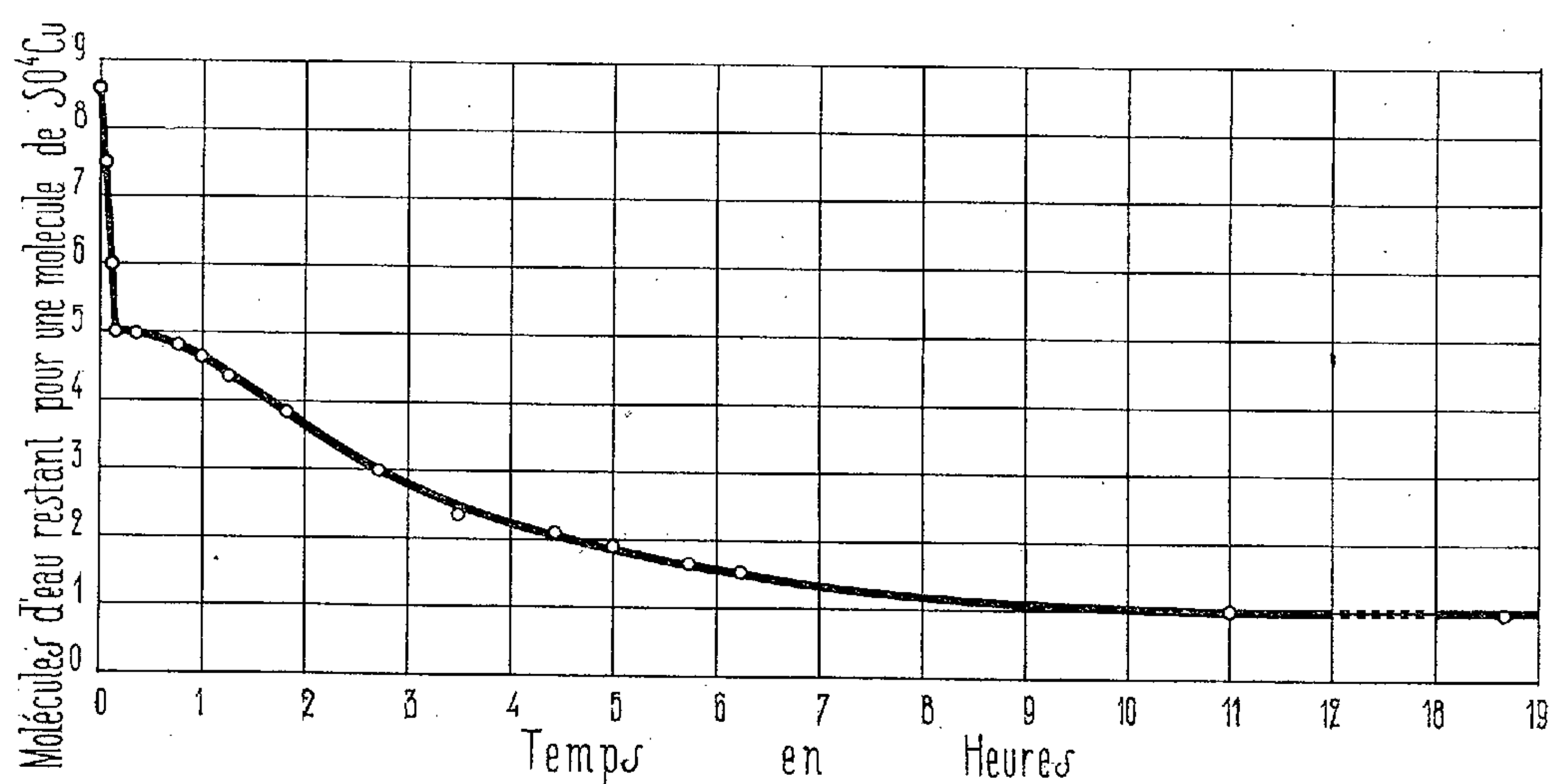


Fig. 1.

d'eau de 0mm,85 (1), l'aspect de la courbe de déshydratation est différent (*fig.* 2) le phénomène ne se déclanche qu'au bout de 3 jours, puis la déshydratation se poursuit lentement, et à partir du dixième jour d'expérience, le poids est constant. La quantité d'eau restant correspond à l'hydrate à $3H^2O$ signalé par Magnier de la Source (2), Lescœur (3) et Foote (4).

(1) Solution à 73, 13 pour 100 de SO^4H^2.
(2) *Comptes rendus*, **83**, 1876, p. 899.
(3) *Comptes rendus*, **102**, 1886, p. 1466 et **103**, 1886, p. 1260.
(4) *J. Am. Chem. Soc.*, **37**, 1915, p. 288.

L'hydrate à $3H^2O$, transporté dans le vide sur l'anhydride phosphorique, ne commence à se déshydrater qu'après une journée; il se transforme lentement en hydrate à $1 H^2O$ (1).

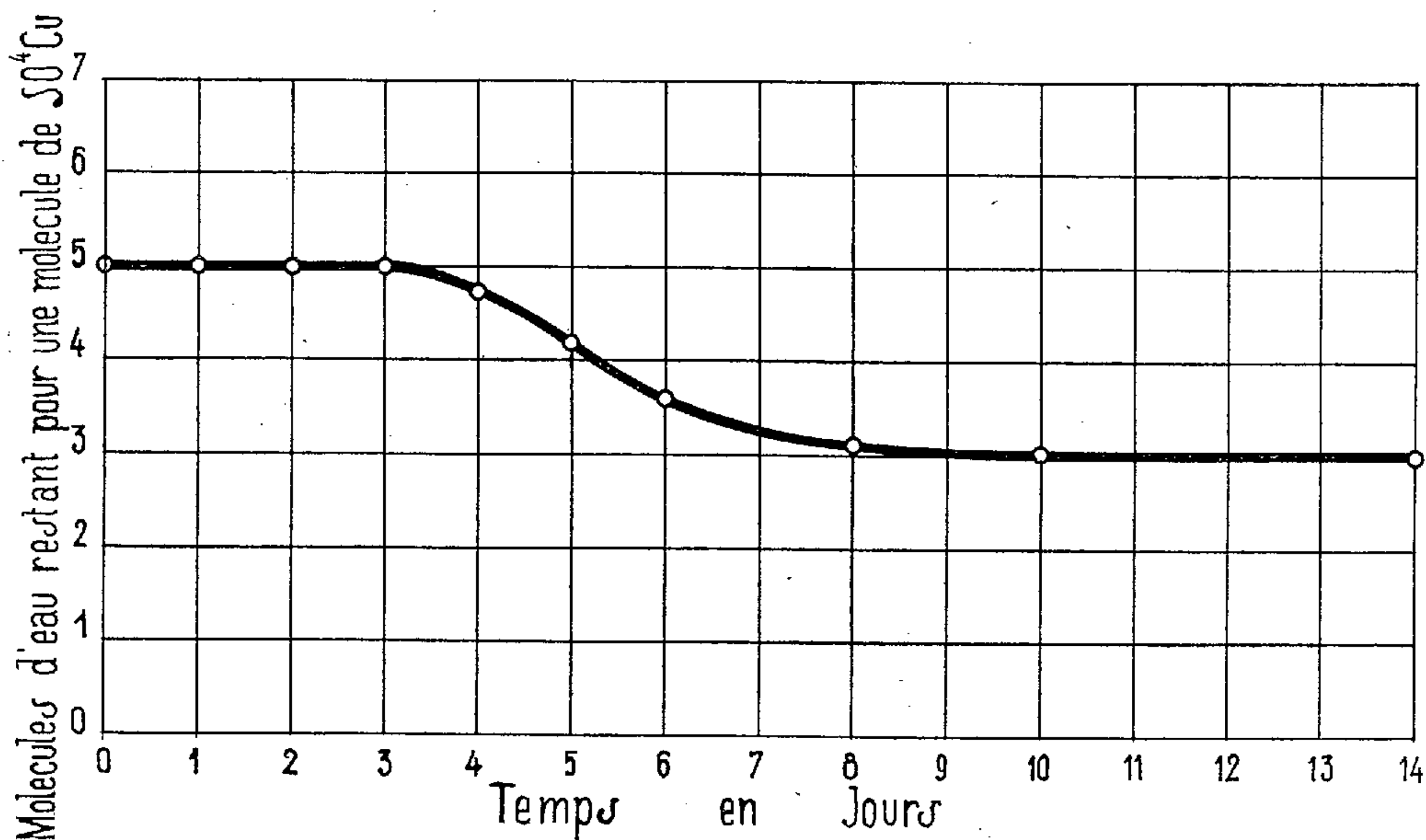


Fig. 2.

Nous avons également tracé des courbes de réhydratation. En opérant en présence d'une solution d'acide sulfurique donnant une tension de vapeur d'eau de $14^{mm},5$ nous avons obtenu l'hydrate à $5H^2O$, que l'on parte du sulfate à $1 H^2O$ ou du sulfate anhydre. Dans ce dernier cas, nous n'avons observé sur la courbe aucun accident correspondant au sulfate à $1 H^2O$.

PHYSICOCHIMIE. — *Chaleurs de mélange des acides sulfurique et nitrique anhydres*. Note de M. **René Dalmon**, transmise par M. Charles Fabry.

Parallèlement à d'autres études d'ordre spectrographique sur les mélanges sulfonitriques nous avons déterminé les chaleurs de mélange des acides sulfurique et nitrique anhydres.

(1) Nous avons d'ailleurs mis en évidence l'existence de cet hydrate à 3^{mol} d'eau par la méthode du dessiccateur; il ne se décompose pas dans des atmosphères dont l'humidité correspond à une pression de vapeur d'eau de $2^{mm},5$.

Les acides sont obtenus par distillation d'acides commerciaux. L'acide nitrique a un titre toujours très voisin de 100 (à 0,2 pour 100 près). L'acide sulfurique distillé titre 97 pour 100 environ, son titre est ajusté à 100 pour 100 par addition d'anhydride sulfurique pur.

L'appareillage est composé de deux vases de Dewar dont le premier forme le calorimètre à réaction et le second le calorimètre de comparaison. Chacun d'eux est pourvu d'un thermomètre au 1/50 de degré et d'une résistance chauffante qui sert en même temps d'agitateur. Ces deux résistances sont identiques.

Le calorimètre de comparaison contient un liquide de chaleur spécifique voisine du sulfonitrique formé (acide sulfurique étendu). La valeur en eau, C, de ce calorimètre est calculée en faisant passer un courant d'intensité connue pendant un temps connu; on mesure l'élévation de température produite et l'on en déduit C.

On opère le mélange dans le calorimètre à réaction et on lit l'élévation de température θ qu'il produit. Puis on envoie un courant dans les deux résistances placées en série; son intensité et sa durée de passage sont tels qu'ils produisent dans le calorimètre à réaction une élévation de température voisine de celle produite par la réaction. Soient θ_1 et θ_2 les élévations de température du calorimètre à réaction et du calorimètre de comparaison.

Si C′ est la valeur en eau du calorimètre à réaction, on a :

$$C'\theta_1 = C\theta_2 \qquad \text{d'où} \qquad C' = C\frac{\theta_2}{\theta_1}.$$

La chaleur de mélange Q est alors

$$Q = C\frac{\theta_2}{\theta_1}\cdot\theta.$$

On a opéré en ajoutant des quantités successives d'acide azotique à une même masse d'acide sulfurique. Le sulfonitrique formé était repris et servait de départ à l'opération suivante. On a été obligé de suivre cette méthode bien qu'elle implique une addition d'erreurs, en raison des grandes quantités de chaleur dégagées. On a déterminé ainsi les chaleurs dégagées par des additions successives d'acide nitrique à 100^g d'acide sulfurique. Puis on a ramené ces chaleurs à 100^g de mélange et c'est sous cette forme que les résultats sont présentés.

Poids de H^2SO^4.	Poids de HNO^3 ajouté.	Quantités de chaleur (en calories).	Poids de H^2SO^4.	Poids de HNO^3 ajouté.	Quantités de chaleur (en calories).
99,03	0,97	154	84	16	1375
97,93	2,07	300	77	23	1445
96,95	3,05	430	72,4	27,6	1480
95,95	4,05	555	63,3	36,7	1500
94,95	5,05	680	56	44	1495
93,97	6,03	810	50,3	49,7	1460
92,9	7,1	920	38,3	61,7	1340
91,75	8,25	1040	25,8	74,2	1170
89,95	10,05	1185	13,5	86,5	800
87,5	12,5	1300	6,5	93,5	480

Si l'on construit la courbe des quantités de chaleur dégagées en fonction du pourcentage d'acide nitrique, on constate que les huit premiers points sont alignés; il y a donc proportionnalité des quantités de chaleur aux quantités d'acide nitrique ajoutées. D'autre part [1] J. Chédin, par la spectrophotographie Raman, a déterminé les quantités d'anhydride nitrique qui sont présentes dans les sulfonitriques anhydres. La courbe qu'il a obtenue a tout à fait la même allure que la nôtre. Les quantités de chaleur dégagées sont donc en liaison étroite avec les quantités d'anhydride nitrique formées dans le mélange.

CHIMIE COLLOÏDALE. — *Adsorption de protéides. Recherches sur la sérum-albumine de cheval.* Note [2] de Mlle **Valérie Deutsch**, présentée par M. Georges Urbain.

Poursuivant les recherches sur l'adsorption de protéides [3], nous avons étudié l'influence de sels et de la concentration des ions hydrogènes sur l'adsorption de la sérumalbumine de cheval par le kaolin.

La sérumalbumine de cheval, préparée d'après Hofmeister [4], dissoute dans l'eau, dialysée et ensuite électrodialysée suivant la méthode indiquée

(1) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1067.

(2) Séance du 15 juillet 1936.

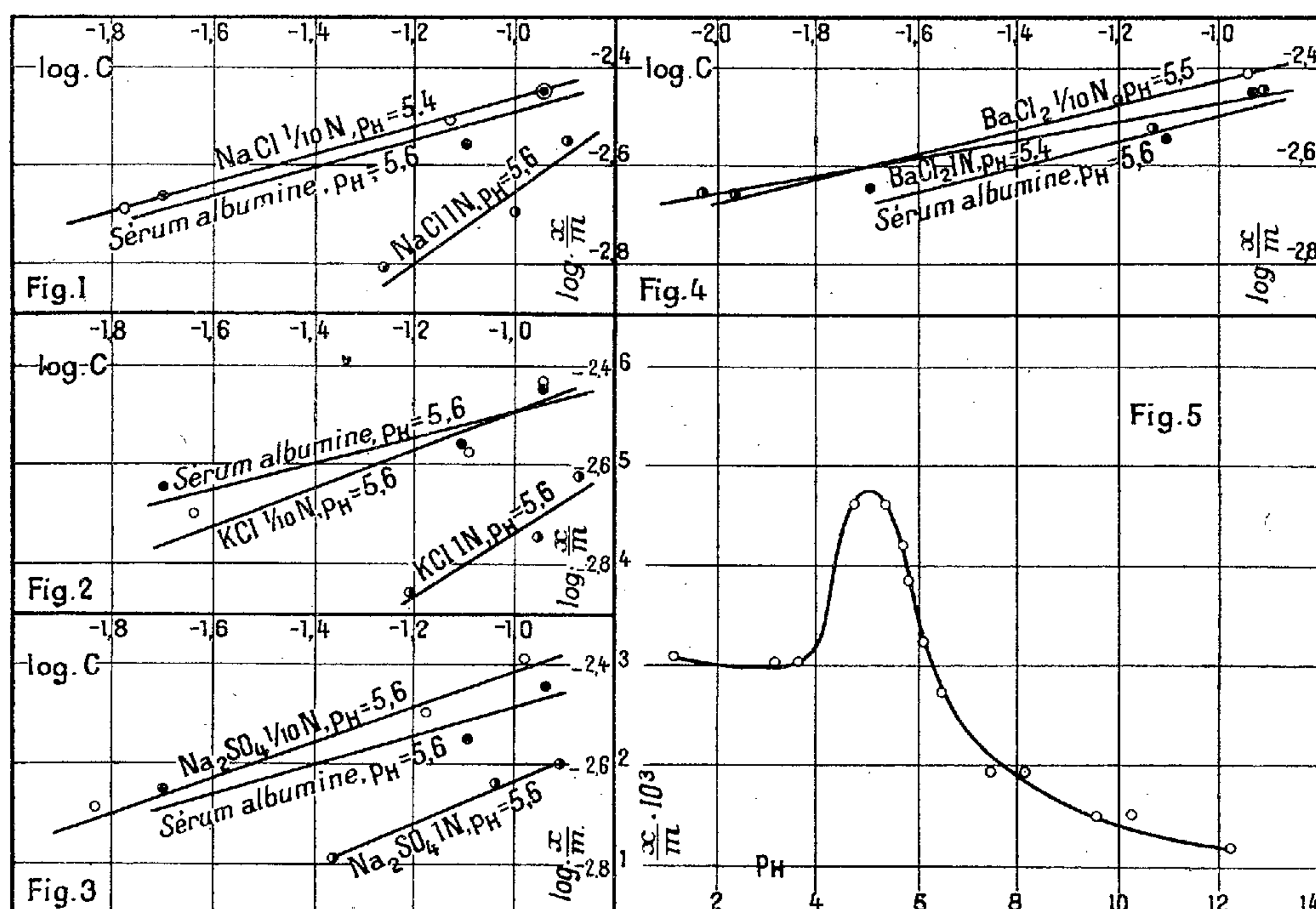
(3) M. Paić et V. Deutsch, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1283 et 1514; V. Deutsch, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 182.

(4) Voir Ettisch et Schulz, *Biochem. Ztschr.*, 265, 1933, p. 338.

par Ettisch et Loureiro ([1]), donnait une solution contenant $0^{g},154$ d'azote dans 100^{cm^3}. Le pH de cette solution était 5,6.

Nous avons d'abord étudié l'influence de sels, en concentration 0,1 ou 1N, sur l'adsorption de la sérumalbumine. La technique utilisée pour établir les isothermes d'adsorption a été celle que nous avons décrite et appliquée dans les recherches antérieures. Les isothermes obtenus, représentés sur les figures 1 à 4 en coordonnées logarithmiques, sont en première approximation des droites. Sur toutes les figures, les cercles pleins se rapportent aux isothermes d'adsorption de la solution de sérumalbumine pure. Pour cette solution les constantes, correspondant à l'équation de Freundlich, sont : $\alpha = 0,0062$ et $1/n = 0,28$.

Le chlorure de sodium (*fig.* 1) diminue l'adsorption de la sérumalbu-



mine seulement en concentration 1 N. Le coefficient angulaire de l'isotherme qui, en présence de NaCl O, 1 N reste identique à celui de la solution de sérumalbumine pure, devient plus grand en présence de ce sel en concentration 1 N. Le chlorure de potassium (*fig.* 2), en concentration

([1]) Ettisch et Loureiro, *Biochem. Ztschr.*, 266, 1933, p. 422.

O.1 N, se comporte, dans les limites des erreurs d'expérience, comme le chlorure de sodium. Par contre, en concentration 1 N, il diminue l'adsorption davantage. Le chlorure de baryum (*fig.* 4) augmente l'adsorption de la sérumalbumine. Cette augmentation est plus grande pour la concentration O.1 N que pour la concentration 1 N. En même temps, les coefficients angulaires des isothermes sont inférieurs à celui de la solution de sérumalbumine pure. Le sulfate de sodium (*fig.* 3), qui en concentration O.1 N augmente légèrement l'adsorption de la sérumalbumine, la diminue en concentration 1 N. Les coefficients angulaires, en présence de Na^2SO^4, sont supérieurs à celui de la solution de sérumalbumine pure.

Le pH de la solution de sérumalbumine après addition des sels mentionnés, comme le montrent les valeurs marquées sur chaque isotherme, restant pratiquement constant, nous sommes conduits à admettre que les variations d'adsorption sont dues à l'influence de ces sels.

Afin d'étudier l'influence de la concentration des ions hydrogènes sur l'adsorption de la sérumalbumine par le kaolin, nous avons suivi le même procédé, utilisé dans un travail antérieur, fait en collaboration avec M. Paić. 2^{cm^3} de la solution de sérumalbumine pure ont été additionnés de $0^g,5$ de kaolin. La réaction de ces solutions a été ajustée en ajoutant de la soude ou de l'acide chlorhydrique. Les valeurs obtenues pour x/m, en fonction du pH, sont représentées sur la figure 5. On constate une variation de l'adsorption sous l'influence du pH avec un maximum à pH $= 5,1$ et un minimum à pH $= 3,4$.

Les recherches concernant l'influence de sels sur l'adsorption de la sérumalbumine de cheval par le kaolin, montrent qu'il faut distinguer : 1° entre les sels qui sont sans influence sur l'adsorption de la sérumalbumine, ou l'augmentent en basse concentration tout en la diminuant en forte concentration, et 2° les sels qui dans les deux concentrations examinées, augmentent l'adsorption. Les cations Na^+ et K^+, et l'anion SO_4^{--} appartiennent au premier groupe, cependant que le cation Ba^{++} appartient au deuxième groupe.

En outre l'examen de l'influence de la concentration des ions hydrogène sur l'adsorption de la sérumalbumine de cheval par le kaolin permet de constater le rôle important du pH. Le maximum d'adsorption coïncide presque avec le point isoélectrique de la sérumalbumine.

CHIMIE MINÉRALE. — *Diagramme de solidification et conductivité électrique des alliages potassium-cæsium.* Note [1] de M. E. **Rinck**, présentée par M. Georges Urbain.

Poursuivant notre travail sur les métaux alcalins, nous avons étudié les alliages potassium-cæsium de façon analogue à celle décrite antérieurement [2].

Du potassium pur était obtenu par double distillation du métal du commerce, son point de fusion était de 63°,6C.

Le cæsium était préparé à partir de son chlorure par le procédé Hackspill, il fondait à 28°,4C.

Diagramme de solidification. — Les résultats obtenus par analyse thermique ont permis de tracer le diagramme de solidification reproduit dans la figure 1. Il met en évidence que le potassium et le cæsium forment une série ininterrompue de solutions solides. Le liquidus et le solidus présentent un minimum accentué à — 37°,5C. pour un mélange équimoléculaire des deux métaux, c'est-à-dire correspondant exactement à la composition K + Cs.

Par analogie avec Na^2Cs, nous avons cherché à mettre en évidence la combinaison K^2Cs par des essais multiples. La plupart de ces mélanges ont été maintenus à des températures inférieures à — 20° C. pendant 24 heures et davantage, mais aucune des courbes d'échauffement n'a montré trace de la combinaison recherchée.

Conductivité électrique. — L'analyse thermique ne permet pas de discerner si l'eutectique K + Cs correspond à la combinaison définie KCs ou à un simple mélange. Le même problème s'était déjà posé lors de l'étude des alliages potassium-rubidium [3], où il pouvait être résolu par l'étude métallographique de l'alliage. Ne pouvant plus appliquer cette méthode aux alliages potassium-cæsium beaucoup plus fusibles, nous avons mesuré leur conductivité électrique en fonction de la température et de la composition.

A cet effet nous avons adapté à notre appareil décrit antérieurement (*loc. cit.*) un tube portant 4 contacts en platine, dans lequel on fait couler le métal maintenu dans le vide. Tout l'appareil étant alors placé dans un bain

---

(1) Séance du 15 juillet 1936.

(2) E. Rinck, *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 49.

(3) E. Rinck, *Comptes rendus*, **200**, 1935, p. 1205.

à température uniforme, on détermine la résistivité de l'alliage en fonction de la température par comparaison avec une résistance étalon. Les résultats présentés sous forme d'une courbe conductivité-température, permettent de déterminer avec toute la précision voulue, les températures de solidification commençante et finissante de l'alliage.

Par ce moyen nous avons pu contrôler et confirmer la plupart des données obtenues par analyse thermique.

Dans la figure 2 nous avons reproduit l'isotherme — 39°C de la conducti-

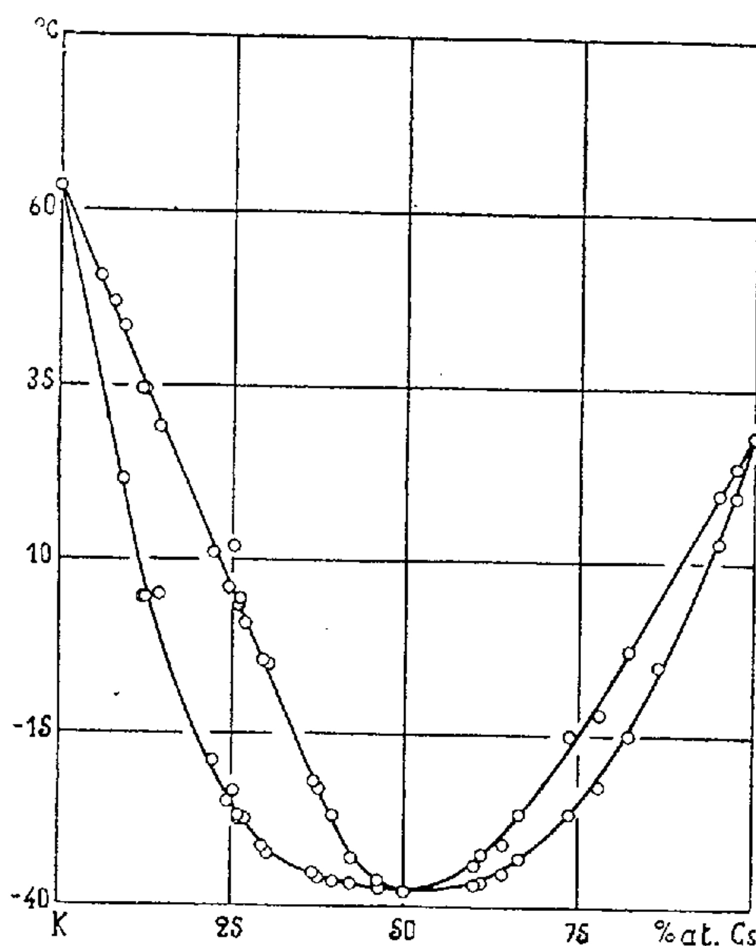


Fig. 1

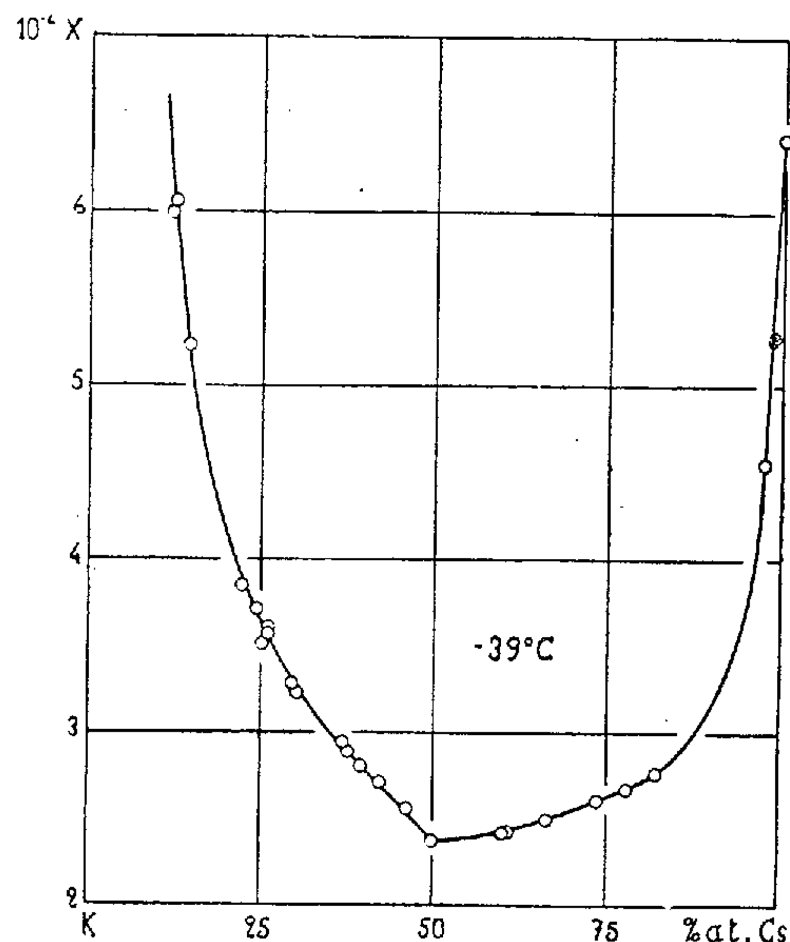


Fig. 2

vité en fonction de la composition des alliages potassium-cæsium. On constate que pour la composition K + Cs, la conductivité est minimum. L'eutectique de composition K + Cs est donc constitué par un simple mélange de potassium et de cæsium.

Remarque. — Cette étude était sensiblement terminée lorsque nous avons eu connaissance du travail de Goria sur le diagramme de solidification des alliages K — Cs [1]. La forme générale du diagramme publié par cet auteur est semblable à celle de la figure 1, mais il y a lieu de noter la forte différence pour le point de fusion du mélange eutectique. Goria a trouvé — 45°C et indique que « ce corps est le composé métallique ayant

(1) Goria, *Gazz. Chim. Ital.*, 65, 1935, p. 1226.

le point de fusion le plus bas ». Ce savant n'a pas estimé indispensable d'opérer dans un vide rigoureux et s'est contenté de manipuler les métaux alcalins dans une atmosphère inerte. Dans ces conditions une altération, notamment du cæsium fondu, nous paraît difficile à éviter, ce qui, d'après les travaux de Rengade, expliquerait l'abaissement des points de fusion des mélanges riches en cæsium.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Les deux formes du pentachlorure de phosphore.* Note (¹) de MM. **Henri Moureu, Michel Magat, Georges Wetroff**, présentée par M. Marcel Delépine.

Les études que nous poursuivons (²) en vue de déterminer la constitution des halogénures du type AX^5 nous ont amenés à constater chez l'un d'entre eux, le pentachlorure de phosphore, des anomalies qui éclairent d'un jour nouveau la structure de ce composé.

Lorsqu'on chauffe lentement, à l'intérieur d'un thermostat, du pentachlorure de phosphore, sous sa propre tension de vapeur, dans une ampoule scellée munie d'un dispositif permettant de connaître à chaque instant la température exacte de la masse en expérience, on voit la substance fondre normalement, en apparence, à 159°-160°,5. Le palier de fusion s'étale toujours sur 1°,5 environ, malgré la pureté du corps employé, et la température s'élève rapidement alors qu'il reste encore un tiers environ du composé à l'état solide.

Si on laisse ensuite refroidir lentement la masse liquide, dans des conditions expérimentales comparables aux précédentes, on s'aperçoit que le phénomène observé à la fusion n'est pas réversible. Il n'y a pourtant pas de surfusion importante, puisque l'on voit se former de nombreux cristaux dès 157°, mais sans que leur apparition provoque en ce point une remontée ou le moindre arrêt du thermomètre; le palier de température s'établit toujours plus bas, entre 148° et 154° au maximum, suivant la vitesse de refroidissement.

On peut reproduire indéfiniment cette succession de paliers de fusion et de cristallisation, décalés l'un par rapport à l'autre dans l'échelle des tem-

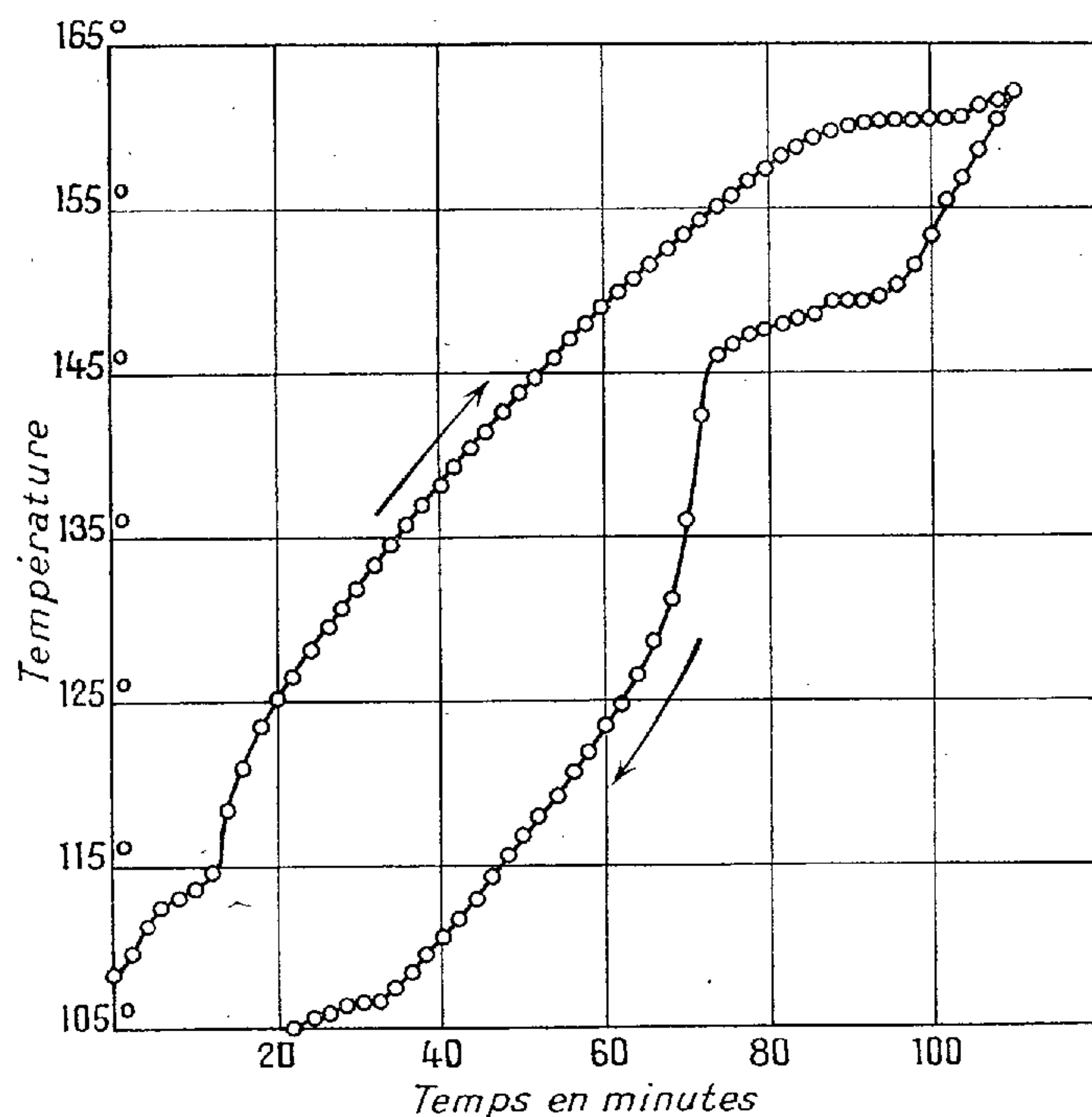
---

(¹) Séance du 15 juillet 1936.

(²) H. Moureu et P. Rocquet, *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 144; H. Moureu, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 314.

pératures, sans abaisser pour cela le point où l'on observe le passage de l'état solide à l'état liquide, ni modifier celui où le liquide disparaît entièrement. Ce curieux phénomène se traduit par un graphique rappelant les courbes d'hystérésis, sans que lui-même soit influencé par les phénomènes annexes qui se manifestent dans le solide à température plus basse, et que nous nous bornons pour le moment à signaler (on observe en effet à la montée comme à la descente un court palier vers 110°).

Il est possible d'ailleurs d'observer un phénomène sensiblement réver-



sible à la fusion à la condition toutefois que celle-ci ne soit que partielle, et que l'on provoque ensuite un refroidissement lent du liquide en présence d'une importante quantité de solide; le palier de cristallisation s'établit alors à quelques dixièmes de degré au-dessous de 159°.

Le phénomène qui vient d'être décrit dans ses grandes lignes ne paraît pas être explicable de façon complète et satisfaisante en attribuant uniquement au pentachlorure de phosphore fondu une vitesse très faible de cristallisation. L'interprétation que nous proposons, dans l'état actuel de nos connaissances, est que, dans le cas de ce composé, le passage de l'état solide à l'état liquide, ou le passage inverse, ne sont pas seulement des

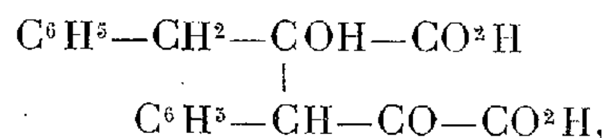
phénomènes purement physiques de changement d'état; ils doivent être l'un et l'autre accompagnés de modifications de structure moléculaire dont les vitesses de transformation réciproque possèdent chacune une valeur limitée et différente de l'autre.

Le point de 160°, au voisinage duquel on assiste à la fusion du pentachlorure solide, paraît donc manifester la superposition d'un double phénomène de fusion et de transformation. Nous avons vérifié qu'au-dessous de cette température la forme liquide se transforme en forme solide avec une vitesse d'autant moins faible que la température est plus éloignée de 160° (quelques heures environ à 156°, une vingtaine de minutes à 149°), ce qui explique le décalage des paliers de température qui accompagnent les deux transformations inverses.

Cette manière de voir est d'ailleurs en accord avec les données qui résultent de l'étude du spectre Raman : tandis que le spectre du pentachlorure de phosphore solide possède quatre raies distinctes, résultat qui confirme celui de Krishnamurti [1], le spectre du corps fondu en présente sept de fréquences différentes des précédentes. D'autre part, aucune des raies du liquide n'appartient aux spectres connus du trichlorure de phosphore et du chlore, ce qui écarte l'hypothèse d'une dissociation importante de pentachlorure de phosphore que l'on pouvait invoquer pour expliquer les anomalies constatées.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Oxydation de l'acide diphénylpyruvique.* Note de M. J. **Jarrousse**, présentée par M. Auguste Béhal.

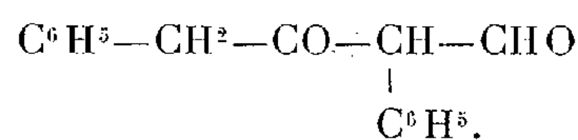
Au cours de précédentes recherches, nous avons montré que l'oxydation de l'acide diphénylpyruvique,



fournit d'abord un acide qui se décompose pour donner un corps réducteur fondant à 114°. Nous basant sur ses propriétés réductrices, sur le résultat de son analyse, sur la recoloration du réactif de Schiff, sur la présence d'un acide de grandeur moléculaire équivalente dans les produits de son oxydation par l'iode, nous avions considéré ce dernier comme un aldéhyde

(1) *Indian J. Phys.*, 5 (II), 1930, p. 116.

et nous lui avions attribué la formule



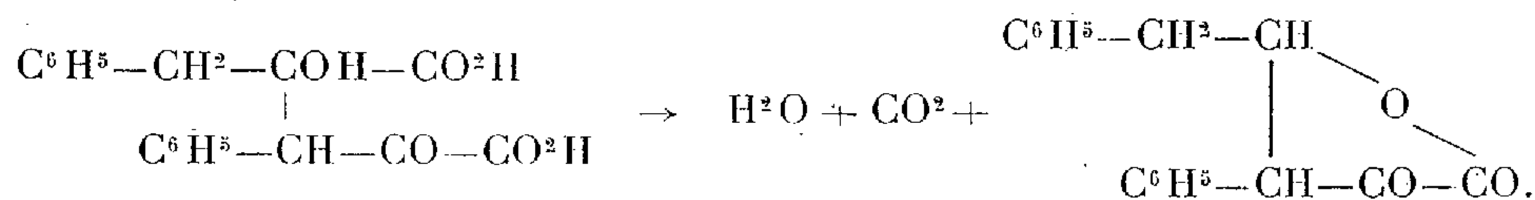
Nous avons reconnu depuis un certain nombre de faits qui ne peuvent pas être expliqués avec cette hypothèse :

1° la présence d'acide oxalique dans les produits d'oxydation de l'acide diphénylpyruvique;

2° l'impossibilité de préparer une disemicarbazone ou une dioxime à partir du composé réducteur fondant à 114° et considéré comme une aldéhyde cétone.

3° l'obtention d'un produit cétonique non acide par oxydation de ce corps au moyen du réactif de Nessler.

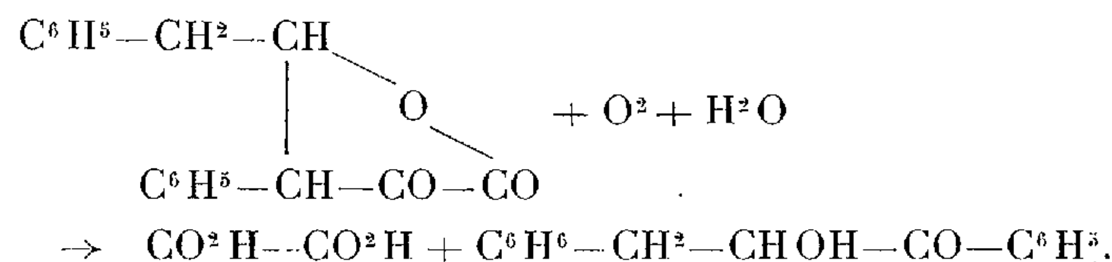
D'autre part nous avons comparé ces résultats à ceux obtenus dans l'oxydation par le permanganate de potassium en milieu alcalin de la benzylphényloxobutyrolactone qui dérive de l'acide diphénylpyruvique par perte d'un groupement carboxyle et formation d'une chaîne lactonique :



Cette oxydation fournit de l'acide oxalique et un composé réducteur fondant à 65° qui a été identifié avec le benzoylbenzylcarbinol,



d'abord obtenu par Mc Kenzie, Martin et Rule ([1]), suivant une autre méthode. La réaction doit dans ce cas s'écrire ainsi :



Nous avons alors observé que ce benzoylbenzylcarbinol se transforme sous l'action de solutions très diluées d'alcalis dans le composé réducteur fondant à 114° obtenu dans l'oxydation de l'acide diphénylpyruvique.

([1]) *J. Chem. Soc. London*, 105, 1914, p. 1589.

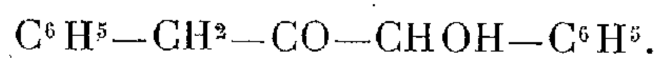
Nous avons également constaté que le benzoylbenzylcarbinol donne, par oxydation au moyen du réactif de Nessler, un produit fondant à 85°, identique à celui obtenu dans les mêmes conditions à partir du composé fondant à 114°, produit dont les caractères correspondent à l'une des formes décrites de la dicétone.



$$C^6H^5-CH^2-CO-CO-C^6H^5,$$

et qui donne, comme elle, une dioxime fondant vers 205°.

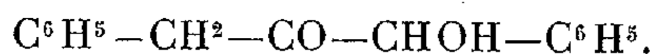
Ces faits montrent que le composé réducteur fondant à 114°, d'abord présenté comme une aldéhyde, dérive du benzoylbenzylcarbinol par interversion des places des fonctions cétone et alcool. Il doit être considéré comme le phénylacétylphénylcarbinol de formule



$$C^6H^5-CH^2-CO-CHOH-C^6H^5.$$

Ce corps n'est d'ailleurs pas nouveau; il a été préparé par Kohler et Timball [1] par une voie différente. Ces auteurs obtiennent simultanément les deux tautomères. Ce fait n'a rien de surprenant, car, le milieu étant alcalin, la réaction doit, d'après l'isomérisation signalée ci-dessus, transformer une partie plus ou moins importante du benzoylbenzylcarbinol fondant à 65° en phénylacétylphénylcarbinol fondant à 114°.

Conclusion. — Le corps fondant à 114°, que nous avions considéré comme une aldéhyde, est en réalité une cétone-alcool réductrice, le phénylacétylphénylcarbinol



$$C^6H^5-CH^2-CO-CHOH-C^6H^5.$$

Nous signalons en outre que son isomère le benzoylbenzylcarbinol,



$$C^6H^5-CH^2-CHOH-CO-C^6H^5,$$

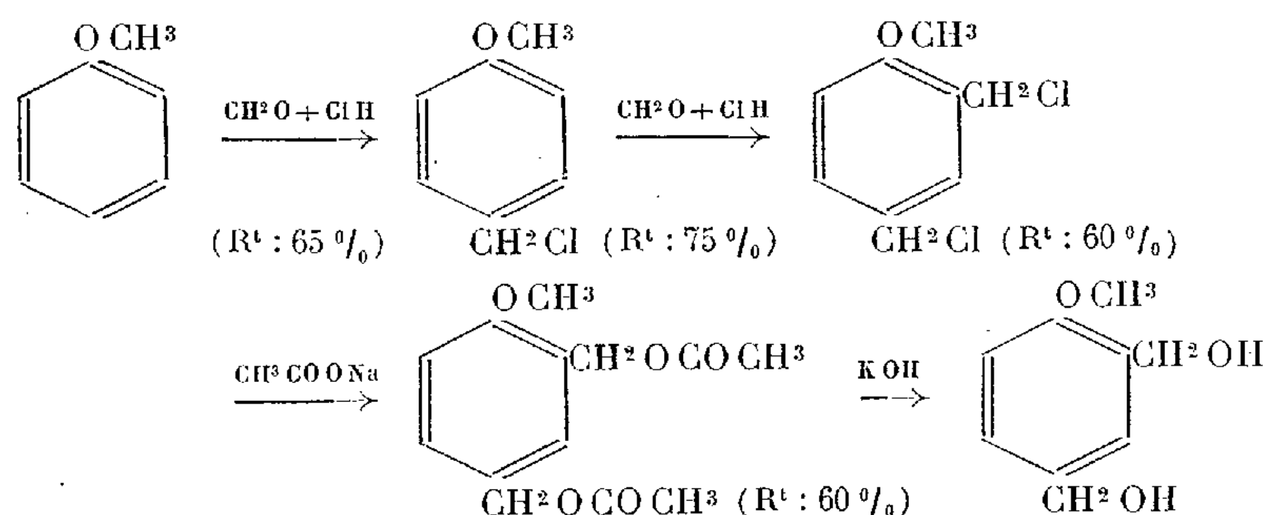
fondant à 65°, que nous avons obtenu par un procédé nouveau, se tautomérise sous l'influence des alcalis dilués (soude ou carbonate de soude) en donnant le composé fondant à 114°.

---

(1) *J. Am. Chem. Soc.*, 56, 1934, p. 729-731.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse du méthoxy-1-diméthylol-2.4-benzène et de quelques-uns de ses dérivés.* Note [1] de MM. **Raymond Quelet** et **Maurice Anglade**, présentée par M. Marcel Delépine.

Nous avons préparé le méthoxy-1-diméthylol-2.4-benzène à partir de l'anisol en effectuant les transformations suivantes :



Le produit fondamental intervenant dans la réalisation de cette synthèse est le dichlorométhyl-2.4-anisol. Ce corps prend naissance lorsqu'on sature par le gaz chlorhydrique un mélange d'anisol et de formol en excès à une température voisine de 30° [2]. En étudiant cette réaction, nous avons constaté qu'il se formait, à côté du dérivé dichlorométhylé, des proportions importantes de diméthoxydiphénylméthane; on aboutit ainsi à un mélange qui cristallise difficilement et la purification du dichlorure, rendue très laborieuse, s'accompagne de pertes importantes.

Pour préparer le dichlorométhyl-2.4-anisol, nous avons trouvé qu'il était préférable d'opérer en deux temps. On prépare d'abord le dérivé monochlorométhylé en saturant par le gaz chlorhydrique, au voisinage de 0°, un mélange agité d'anisol : 400^g et de formol à 40 pour 100 : 350^g. Après lavage et distillation immédiate du produit encore légèrement humide, on isole un liquide, Éb./17 : 115-120°, constitué par un mélange de chlorure d'anisyle (90 pour 100 environ) et de chlorure d'orthométhoxybenzyle (10 pour 100) [3]; le rendement de cette première opération est de 65 pour 100.

Ce produit est ensuite additionné de formol pris en excès (150^g de formol

(1) Séance du 15 juillet 1936.

(2) *I. G. Farbenindustrie*, D. R. P., n° 567753 du 8 mars 1928, C. I, 1932, p. 2297.

(3) R. Quelet et J. Allard; *Soc. chim.*, section de Bordeaux, compte rendu de la séance du 23 mai 1936 (*sous presse*).

à 40 pour 100 pour une molécule de chlorure) et le mélange, bien agité, est saturé par un rapide courant de gaz chlorhydrique en laissant la température s'élever jusque vers 75°. Lorsque la saturation est atteinte, on traite par la glace qui provoque la solidification du dichlorure. Après lavage à l'eau et à la soude à 10 pour 100, on purifie par cristallisation dans l'éther. On obtient ainsi le dichlorométhyl-2.4-anisol, aiguilles F. 66°, avec un rendement de 75 pour 100. Sa constitution a été confirmée par l'oxydation permanganique qui fournit l'acide méthoxy-4 isophtalique, F. 275° (1).

On passe facilement du dérivé dichlorométhylé au diester acétique du glycol correspondant en le chauffant, pendant quatre heures, avec l'acétate de sodium anhydre en solution acétique. Ce diacétate, isolé par distillation sous pression réduite, bout vers 180° sous 6mm et, après cristallisation dans dans l'éther, se présente sous forme d'aiguilles fondant à 47-48° (Rendement 60 pour 100).

La saponification se réalise dans de bonnes conditions en laissant en contact, à la température ordinaire, le diester avec une solution hydroalcoolique de potasse à 20 pour 100. Après quelques heures, la réaction est totale, on neutralise la potasse en excès par de l'acide chlorhydrique, on chasse l'alcool par distillation et l'on concentre la solution aqueuse. Après refroidissement, on recueille le glycol qui s'est solidifié à la surface du liquide et on le purifie par cristallisation dans le benzène. Le méthoxy-1-diméthylol-2.4-benzène, ainsi obtenu, est assez soluble dans l'eau et l'alcool, soluble dans le benzène bouillant, très peu soluble à froid dans ce dernier liquide; il cristallise en aiguilles soyeuses, F. 100-101°. Traité par l'isocyanate de phényle en milieu benzénique et en présence d'une trace de sodium [méthode de Vallée (2)] il donne la phényluréthane double : aiguilles (alcool), F. 152°.

En traitant le dichlorométhyl-2.4-anisol par quelques alcoolates de sodium, nous avons préparé une série d'éthers-oxydes symétriques du méthoxy-1-diméthylol-2.4-benzène :

Éther diméthylique.	Eb/18 = 155°	$d_0 = 1,087$	$d^{18}_4 = 1,072$	$n^{18}_D = 1,5150$
Éther diéthylique...	Eb/16 = 166°	$d_0 = 1,039$	$d^{18}_4 = 1,026$	$n^{18}_D = 1,5030$
Éther dipropylique.	Eb/17 = 183°	$d_0 = 1,010$	$d^{17}_4 = 0,997$	$n^{17}_D = 1,4963$
Éther dibutylique...	Eb/6 = 178°	$d_0 = 0,986$	$d^{16}_4 = 0,983$	$n^{16}_D = 1,4942$
Éther di-isoamylique	Eb/7 = 188°	$d_0 = 0,978$	$d^{16}_4 = 0,965$	$n^{16}_D = 1.4910$

(1) Chattaway et Calvet, *J. Chem. Soc.*, **131**, 1928, p. 2916.

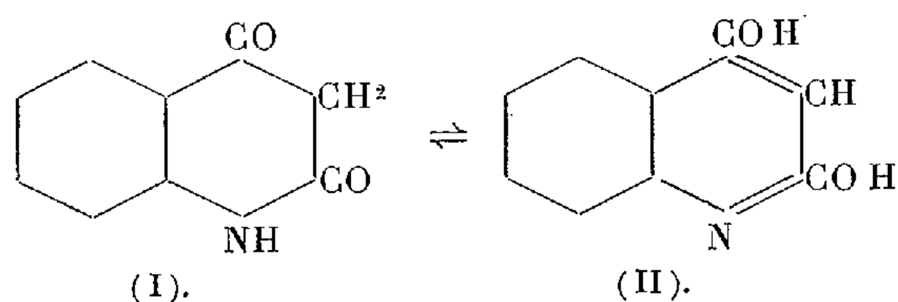
(2) *Bull. Soc. chim.*, 3, 1908, p. 185.

Tous ces corps sont liquides à la température ordinaire; les quatre premiers s'obtiennent avec des rendements de 75 à 80 pour 100, le dernier avec un rendement de 70 pour 100.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Produits d'halogénation et d'oxydation de la 2.4-dihydroxyquinoléine.* Note de MM. **André Meyer** et **Paul Heimann**, présentée par M. Marcel Delépine.

Comme suite aux études de l'un de nous sur les propriétés et la constitution du *γ-hydroxycarbostyrile* (2.4-dihydroxyquinoléine), nous avons étudié ses réactions avec les halogènes et les réactifs d'halogénation, ainsi que l'oxydation des produits obtenus.

M. A. Meyer ([1]), MM. A. Meyer et R. Vittenet ([2]) ont envisagé deux formules tautomères pour la constitution du *γ-hydroxycarbostyrile*



mais il ne leur a pas été possible, au cours d'essais de condensation avec les aldéhydes aromatiques ou la *p*-nitrosodiméthylaniline, ou par action directe du brome, de démontrer l'existence du groupe CH^2 envisagé dans la formule (I).

Reprenant l'étude de l'action des halogènes sur le dihydroxycarbostyrile, nous avons confirmé qu'il ne se produit pas de dérivé dibromé du type (I), $>CBr^2$, mais que, suivant les conditions expérimentales, on peut obtenir trois dérivés monobromés.

I. *Action du brome. Dérivés monobromés.* — 1° L'action du brome, à froid, en quantité calculée, sur l'hydroxycarbostyrile dissous dans l'acide formique à 100 pour 100, fournit quantitativement un dérivé substitué monobromé $C^9H^6O^2NBr$ (III), P. F. 199°, *jaune*, soluble à chaud dans l'alcool et l'acétone, peu soluble dans l'eau, désigné provisoirement comme

---

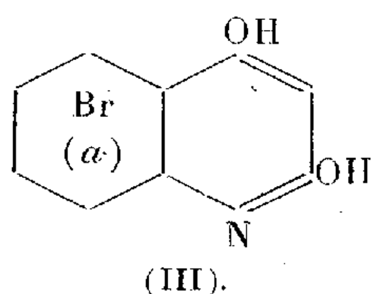
([1]) *Bull. Soc. chim.*, 51, 1932, p. 953.

([2]) *Ann. de Chimie*, 17, 1932, p. 273, 294 et suiv.

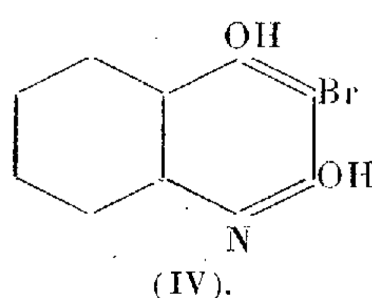
un *a-monobromo-γ-hydroxycarbostyrile*. Le même produit s'obtient à froid en milieu sulfurique concentré.

2° Si l'on opère la bromuration *à chaud*, dans l'acide formique, ou en milieu formique, à froid, mais en présence d'un excès de brome, on obtient un isomère bromé *incolore* $C^9H^6O^2NBr$ (IV), la *b-bromo-2.4-dihydroxyquinoléine*, P. F. 281°, soluble dans l'alcool et l'acétone à chaud.

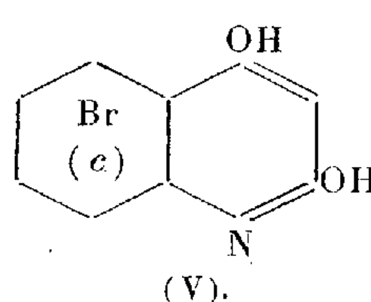
3° Par bromuration en milieu benzénique, à l'ébullition, sans catalyseur, il se produit un troisième isomère monobromé que nous appelons *c-bromohydroxycarbostyrile*, $C^9H^6O^2NBr$ (V), P. F. 241°, fines aiguilles blanches,



(III).



(IV).



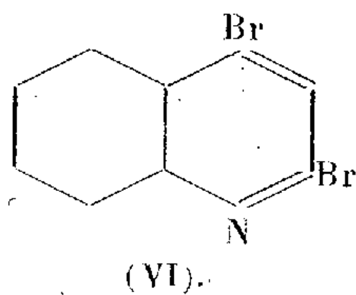
(V).

solubles dans l'eau chaude, l'alcool, le benzène etc.

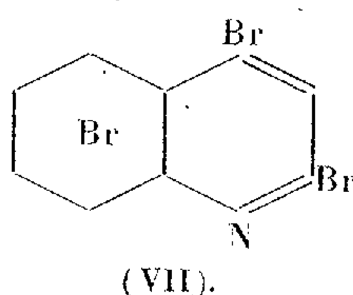
II. *Bromuration par le perbromure de phosphore. Dérivés polybromés.* — 1° Le pentabromure de phosphore, réagissant sur la 2.4-dihydroxyquinoléine, fournit la 2.4-*dibromoquinoléine*, $C^9H^5NBr^2$ (VI), P. F. 265°, aiguilles blanches, insolubles dans l'eau et les alcalis, solubles dans l'alcool, l'acétone, à chaud.

2° L'action du bromure de phosphore sur l'*a-monobromo-γ-hydroxycarbostyrile* (III) conduit à la 2.4.*a-tribromoquinoléine*, $C^9H^4NBr^3$ (VII), P. F. 276°, cristaux incolores, insolubles dans l'eau et les alcalis, solubles dans l'alcool à chaud.

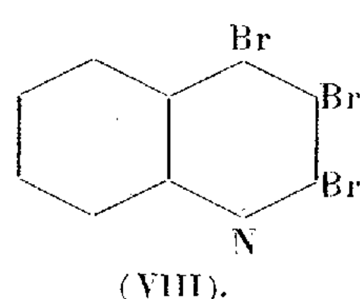
3° Dans les mêmes conditions, la 3-bromo-2.4-dihydroxyquinoléine donne la 2.3.4-*tribromoquinoléine*, $C^9H^4NBr^3$ (VIII), P. F. 288°, incolore, insoluble dans l'eau, soluble dans les solvants organiques :



(VI).



(VII).



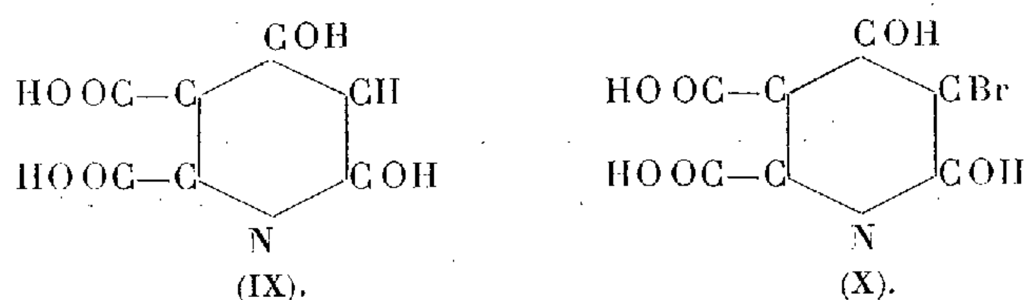
(VIII).

Oxydation de l'hydroxycarbostyrile et de ses dérivés monobromés. — L'oxydation par le permanganate de potassium permet de préciser, en premier lieu, si la substitution par le brome s'est effectuée dans le noyau pyridique ou dans le noyau benzénique.

En effet, nous avons constaté que l'oxydation de l'hydroxycarbostyrile par ce réactif, en milieu alcalin et à chaud dans les conditions usitées pour l'oxydation de la quinoléine, fournit l'*acide* 2.4-*dihydroxyquinoléique* (acide 2.4-dihydroxypyridine-5.6-dicarboxylique), $C^7H^5O^6N$ (IX), P. F. 263°, incolore, peu soluble dans l'eau froide, soluble dans l'eau chaude, l'alcool, l'acétone, etc., et dont les sels de plomb et d'argent ont été analysés.

L'oxydation permanganique de l'*a-monobromohydroxycarbostyrile*, jaune, P. F. 199°, donne un *acide dihydroxyquinoléique non bromé*, identifié avec le précédent par ses propriétés chimiques et analytiques. Ceci démontre que l'atome de brome est situé dans le noyau benzénique, dans une position qui sera déterminée par voie synthétique.

Au contraire l'oxydation permanganique de la 3-monobromo-2-4-dihydroxyquinoléine, P. F. 281°, conduit à l'acide 2 4-*dihydroxy*-3-*bromoquinoléique*, $C^7H^4O^6NBr$ (X) P. F. 240°, cristaux incolores, insolubles dans l'eau, à froid et à chaud, solubles dans l'alcool,



Cette étude des dérivés bromés et celle de dérivés chlorés est poursuivie, en même temps que la synthèse de dérivés de l'oxycarbostyrile halogénés dans le noyau benzénique.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Étude géométrique et optique des cristaux de para-azoxyphénétol.* Note de M. **Pierre Chatelain**.

On obtient d'assez beaux cristaux d'azoxyphénétol par évaporation lente d'une solution de ce corps dans l'éther.

Ces cristaux monocliniques, de symétrie holoédrique, sont limités le plus souvent par les faces (001), (100), (101) et (211).

Les angles ont pour valeurs

(001) (100) : 94°20′, (001) (101) : 134°35′,
(001) (211) : 106°38′, (100) (211) : 124°5′.

Les paramètres cristallographiques sont

$$a:b:c = 2,93:1:3,23, \quad \beta = 94^\circ 20'.$$

L'étude aux rayons X donne avec une très bonne précision le paramètre b; les diagrammes obtenus par rotation autour de ox et de oz pour avoir les paramètres a et c sont moins nets; ils en fournissent des valeurs approchées; les données cristallographiques permettent de les calculer à partir de b avec une précision de l'ordre de 1/200.

Les paramètres absolus sont

$$a = 15,9\ \text{Å}, \quad b = 5,42\ \text{Å}, \quad c = 17,5\ \text{Å}, \quad \beta = 94^\circ 20'.$$

La densité mesurée au moyen des liqueurs denses est égale à 1,253; la maille contient donc 4^{mol} de para-azoxyphénétol.

Le plan (100) est une direction de clivage très facile, ce qui, joint au fait que ces critaux sont très tendres rend délicate la taille des lames et des prismes nécessaires pour en faire l'étude optique.

Ils sont au point de vue optique des biaxes positifs. L'axe moyen de l'ellipsoïde des indices est dirigé suivant l'axe binaire. Le grand axe est dans le plan de symétrie et fait un angle de 59° avec le plan (001), il est très sensiblement parallèle à la direction [102]. La dispersion des axes est très faible.

L'angle 2V des axes optiques mesuré pour la raie D du sodium avec l'appareil de Duffet vaut 49°30'. Ce nombre est en très bon accord avec les valeurs des indices correspondant à cette longueur d'onde.

Les indices sont mesurés par la méthode du prisme. Les prismes sont taillés de sorte que l'arête et une face soient respectivement parallèles à un axe et à un plan de symétrie de l'ellipsoïde. Les résultats obtenus pour diverses longueurs d'onde sont réunis dans le tableau ci-dessous :

λ	$0^\mu,650$.	$0^\mu,589$.	$0^\mu,546$.	$0^\mu,492$.	$0^\mu,436$.
n_p	1,510	1,517	1,521	1,529	1,542
n_m	1,575	1,584	1,587	1,599	1,617
n_g	2,036	2,093	2,139	2,254	»

Les vibrations parallèles à la direction n_g sont très fortement absorbées dès qu'on s'approche du violet; ce phénomène est en relation directe avec le dichroïsme intense observé pour ces cristaux.

Ces résultats, rapprochés de ceux (1) relatifs au liquide anisotrope

(1) Pierre Chatelain, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 412.

obtenu par fusion du solide, doivent servir de base à une étude comparative de ces deux états de la matière, étude qui conduira, sans doute, à une compréhension plus profonde de l'état nématique.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Étude d'une zone de contact de granite-gneiss par l'observation des rayons pénétrants.* Note [1] de M. **Edmond Rothé** et Mme **Arlette Hée**, présentée par M. Charles Maurain.

Les roches des Vosges hercyniennes d'Alsace ont été l'objet de très nombreuses études [2]. Récemment a paru un mémoire d'ensemble avec une abondante bibliographie [3]. Mais jamais à notre connaissance il n'a été publié sur les granites, les gneiss d'Alsace et leurs contacts, de travaux directs sur le terrain fondés sur leurs propriétés radioactives. Nous avons montré déjà comment l'ionisation par rayons pénétrants dans une chambre électrométrique close permettait d'effectuer la prospection radiométrique d'une coulée de rhyolite [4].

Au cours de mesures de laboratoire effectuées sur des granites d'Alsace de différentes provenances, nous avons constaté la grande différence d'activité présentée par le granite à deux micas, appelé granite du Bressoir, et le granite dit « des Crêtes », granite porphyroïde des Vosges Centrales, plus ou moins riche en amphibole et dont le facies amphibolique est particulièrement net à Brifosse, à la sortie de Sainte-Marie-aux-Mines, sur la route du col de Saint-Dié. Tandis que les échantillons du premier que nous avons eus entre les mains étaient pratiquement inactifs, l'activité du dernier dépassait notablement celle de la rhyolite précédemment prospectée.

Ce résultat nous a engagés à faire des mesures à Brifosse, où les conditions sont particulièrement favorables. Non loin de la grande carrière qui borde la route, un sentier se détache dans la direction des Chaumes de Lusse, gravit la pente en lacets et traverse la faille, nettement marquée

(1) Séance du 29 juin 1936.

(2) Rosenbusch, *Abhan. der Geol. Landesanstalt von E. L.*, 1, 1877, p. 80; Groth, *ibid.*, 1, 1877, p. 395; Cohen, *ibid.*, 3, 1889, p. 137; Buecking, *Mitteilungen der Geol. Landesanstalt von E. L.*, 8, 1913, p. 153.

(3) Jung, *Mémoires du Service de la Carte géologique d'Alsace et de Lorraine*, 2, 1928, p. 1-481. Ce mémoire est accompagné d'une carte géologique des Vosges hercyniennes au 1/200 000e.

(4) E. Rothé et Mme A. Hée, *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 892.

sur la carte géologique (Jung, *loc. cit.*), qui borde un petit vallon et doit séparer le granite amphibolique du gneiss.

Il nous a paru intéressant de rechercher sur place comment se comporterait la zone de contact au point de vue de la radioactivité. Les résultats des mesures sont contenus dans le tableau ci-dessous : la situation des stations n'est indiquée que d'une manière sommaire, elles ont été plus exactement répérées, de manière à ce que les mêmes observations puissent être reproduites ultérieurement. Le nombre d'ions par cm^3/s s'obtient en multipliant la diminution du voltage par minute par la constante 8,414.

Numéro des stations.	Situation.	Différence de voltage en volts par 10 minutes.	Nombre d'ions.
I. $T = 20°$, $p = 75,2$.	Au fond de la carrière côté droit au milieu de blocs	40,8	34,3
II. Matin $8^h 15^m$.	Au fond de la carrière côté gauche sur le sol aplani	34,4	28,9
II *bis*. $= 34°$, $p = 77,9$. Soir $15^h 30^m$.	A peu près comme II	36,1	30,4
III.	Sur le début du sentier des chaumes de Lusse	24,2	20,4
IV.	Sur le sentier après le deuxième tournant	24,1	20,3
V. $T = 26°$, $p = 76,2$.	Après le cinquième tournant	20,4	17,1
VI. $T = 26°$, $p = 76,2$.	A 25^m du chemin abrupt descendant sur Sainte-Marie	23,7	19,9
VII. $T = 26°$, $p = 76,2$.	A 11^m en avant du chemin abrupt descendant sur Sainte-Marie	16,2	13,6
VII *bis*. $T = 29°$, $p = 76,8$.	Au retour, même station que la précédente	16,0	13,4
VIII. $T = 27°$, $p = 76,4$.	Dans le sentier à 40^m de la station VII	16,2	13,6
IX.	En continuant le même sentier à 200 pas de VII, à la rencontre d'un autre sentier montant	17,4	14,6
X. $T = 30°$, $p = 77,2$.	A la rencontre du sentier et du chemin abrupt descendant sur Sainte-Marie	22,0	18,5
XI. $T = 28°$, $p = 76,7$.	Entre les stations X et VII	18,9	15,9

Comme on le voit par ce tableau, en comparant II et II *bis*, VII et VII *bis*, les mesures sont très régulières. Malgré des différences de température allant de 20° à 34° des oscillations de pression intérieure de 75^{cm} à $77^{cm},9$, bien que l'emplacement n'ait pas été rigoureusement le même, et que l'on mesure ici l'action globale de toutes les sources de rayons péné-

trants, la variation entre deux mesures faites à plusieurs heures d'intervalle reste faible.

L'ionisation varie le long du sentier : les variations constatées sont dues en partie aux conditions topographiques, car on se trouve, suivant les cas, en bordure du massif granitique ou plus franchement à l'intérieur. C'est peut-être pour cette raison que la station V accuse un affaiblissement. Mais le passage de VI à VII est particulièrement net, le nombre d'ions tombant de 19,9 à 13,6 (¹). La station VII correspond certainement à un changement de nature du sous-sol, d'après la carte elle serait au-dessus du gneiss; au delà les chiffres restent faibles, 13,6 pour VIII et 14,6 pour IX. Revenant en arrière, nous avons répété la mesure à la station VII à titre de vérification (VII *bis*), puis établi la station X qui donne le chiffre 18,5, ce qui a conduit à faire une autre mesure entre X et VII, station XI, où l'on trouve 15,9. Le résultat montre qu'en XI on n'a pas encore quitté complètement le granite ou qu'on est en présence de roches transformées : c'est donc entre XI et VII que l'on peut admettre la variation due à la zone de contact dans un espace assez resserré.

Nous avons vérifié au laboratoire que l'activité d'échantillons de gneiss provenant de la région était nulle, tandis que celle de divers échantillons de granite à amphibole était importante. La méthode nous paraît donc assez sensible pour permettre de dévoiler des détails pétrographiques si la différence des activités est assez grande.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Étude expérimentale des phases de l'action cécidogène dans une galle.* Note de MM. **Henri-Jean Maresquelle** et **Raymond Schnell**, présentée par M. Louis Blaringhem.

La flexion de la tige, très fréquente chez l'Epicéa, est pour nous le produit de l'avortement de la galle d'*Adelges Abietis* Kalt., c'est une galle abandonnée par son cécidozoaire avant l'exercice complet de son action. Nous avons réalisé artificiellement la flexion par l'ablation précoce du parasite sur une galle en voie de formation.

Ayant hiverné sur les écailles du bourgeon de l'Épicéa, la femelle fondatrice d'*Adelges Abietis* entre en activité au printemps, pique le bourgeon, suce la sève et

(¹) Le 19 juin 1936 l'ionisation au laboratoire à Strasbourg correspondait à 10,4 ions-cm³/s. Elle varie peu autour de ce chiffre.

sécrète sur son dos un revêtement blanc de poils cireux qui la fait remarquer à distance. A ce moment on enlève l'animal et l'on marque d'une étiquette le bourgeon traité; on observe son développement quelques semaines après.

Cette expérience, réalisée sur plusieurs centaines de bourgeons, s'est montrée tout à fait concluante : les bourgeons ainsi privés de leurs parasites après en avoir subi l'action écourtée, ont donné les flexions attendues, et cela dans une proportion de 90 pour 100. Il est donc établi que les flexions étudiées peuvent être provoquées par l'action effective mais brève du Puceron.

Selon la date où l'on enlève l'animal, les caractères de la flexion varient. Nous distinguons trois types : 1° pour une ablation très précoce, une flexion caractérisée par un grand raccourcissement des coussinets foliaires (zones de contact entre la tige et les bases des feuilles) ainsi que des limbes : les premiers réduits au moins de moitié sur la face concave, les seconds réduits de moitié ou du tiers, mais sans arrêt de la différenciation; 2° pour une ablation faite à une date moyenne, une flexion définie par l'avortement complet des coussinets foliaires de la face concave et par la non-différenciation des bases foliaires voisines, d'où résulte la formation des *feuilles en massues*; 3° pour une ablation tardive, une flexion caractérisée par le gonflement hypertrophique de la tige et des manches de massues, ce qui représente un intermédiaire entre la flexion typique et la galle d'*Adelges*.

Les expériences faites au Jardin botanique de Strasbourg sur un Epicéa d'une dizaine d'années nous ont fourni des flexions du premier degré à la suite des ablations faites le 20 mars, des flexions du deuxième degré (et quelques-unes du troisième degré) à la suite des ablations faites le 27 mars. Des expériences faites au même endroit sur un Epicéa d'une cinquantaine d'années nous ont fourni des flexions du second degré (avec quelques-unes du premier degré) à la suite des ablations faites le 2 avril; des flexions du troisième degré à la suite des ablations faites le 17 avril. Des expériences faites le 3 mai dans les Vosges ont fourni une prédominance de flexions du troisième degré, avec quelques-unes encore du second degré.

Précisons que les trois types de déformation définis par nos expériences ne représentent pas eux-mêmes trois stades effectifs du développement cécidien, mais qu'une galle passe par trois états embryonnaires successifs dont chacun est défini par ce qu'en cas d'interruption de l'action parasitaire sa croissance désormais autonome le conduit à l'une des trois structures précédemment décrites. Nous formulerons donc nos conclusions dans les termes suivants :

1° La première action exercée par la fondatrice d'*Adelges Abietis* sur le

bourgeon de *Picea excelsa* consiste à réduire les potentialités d'allongement de la tige et des feuilles;

2° La seconde action exercée par ce parasite a pour effet de limiter plus strictement encore le pouvoir d'allongement de la tige (en interdisant la différenciation ultérieure de coussinets foliaires) et de supprimer certaines virtualités de différenciation de la partie basilaire des feuilles (qui ne peut plus donner de limbe, mais seulement un faux pétiole, le manche de la massue).

3° La troisième action confère aux tissus déjà altérés (tige et base des feuilles) la tendance à l'hypertrophie se réalisant ensuite en l'absence du parasite, pourvu que la présence initiale de ce dernier ait été assez longue.

4° Ensuite intervient l'action des jeunes pucerons issus de la fondatrice : installés entre les aiguilles hypertrophiées, ils provoquent sur chacune d'entre elles la formation de l'écusson; ainsi s'accomplit la fermeture des loges, où s'effectue enfin la différenciation des tissus à fonction nourricière, conductrice, mécanique.

Ainsi nous pouvons, dans un cas favorable, décomposer expérimentalement l'action cécidogène en une série de processus partiels dont les premiers sont négatifs (inhibitions d'allongement et de différenciation), tandis que les suivants sont positifs (excès de croissance, puis différenciations nouvelles).

Les observations faites sur la phase négative corroborent en les étendant les conclusions d'un travail antérieur de l'un de nous (Maresquelle, 1935) : l'inhibition d'allongement joue un rôle prédominant, mais elle n'est pourtant qu'un cas entre d'autres où l'on voit le parasite annihiler les aptitudes des tissus à réaliser leurs différenciations normales. Si l'on considère les différenciations très élevées que peuvent néanmoins atteindre ces mêmes tissus quand la galle arrive à son développement complet, on doit tenir pour peu vraisemblable que l'action du parasite ait amputé le patrimoine génétique de ces tissus; aussi préférons-nous l'hypothèse d'après laquelle le parasite supprime seulement l'induction morphogène spéciale, dont les tissus avaient déjà reçu l'empreinte par l'effet des corrélations embryogéniques : la différenciation parasitaire consisterait dans l'effacement d'une prédestination imposée.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Débit urinaire, diurèse moléculaire globale et diurèse des molécules élaborées.* Note [1] de Mme **Simone Belluc**, MM. **Jules Chaussin**, **Jean Cottet**, **Henri Laugier** et Mme **Thérèse Ranson**, présentée par M. Alexandre Desgrez.

Ces expériences ont pour objet d'étudier, dans des conditions bien définies les relations qui existent, dans l'urine normale, entre les volumes des débits urinaires et les quantités globales des substances éliminées.

Notre sujet (33 ans) a été soumis pendant 7 jours consécutifs, à un régime alimentaire strictement défini et pesé, comprenant deux repas principaux identiques avec 500^{cm^3} d'eau d'Évian comme boisson pour chacun. Petit déjeuner à 8^h. On a stabilisé le plus possible le comportement général du sujet : coucher à 24^h, lever à 8^h, pas de travail musculaire.

Ce régime correspond à une élimination journalière moyenne de : Débit urinaire 1461^{cm^3}, de l'urée $28^g,90$ et des chlorures $15^g,07$. Pour la récolte des urines, le nycthémère était divisé en six fractions de 4 heures : 8^h, 12^h, 16^h, 20^h, 24^h et 4^h.

Le volume urinaire V est noté en débit horaire moyen, en centimètres cubes. On a déterminé le Δ cryoscopique et dosé les chlorures, pour calculer δCl, abaissement du point de congélation pour une solution de NaCl dans l'eau, de même concentration que l'urine; dès lors $V\Delta$ donne la diurèse moléculaire globale; $(\Delta - \delta Cl)$ correspond à toutes les substances dissoutes dans l'urine, abstraction faite des chlorures (molécules élaborées de Koranyi); $V(\Delta - \delta Cl)$ exprime leur quantité dans le volume V.

La figure donne à la fois les nombres relatifs à cette expérience et leur représentation graphique.

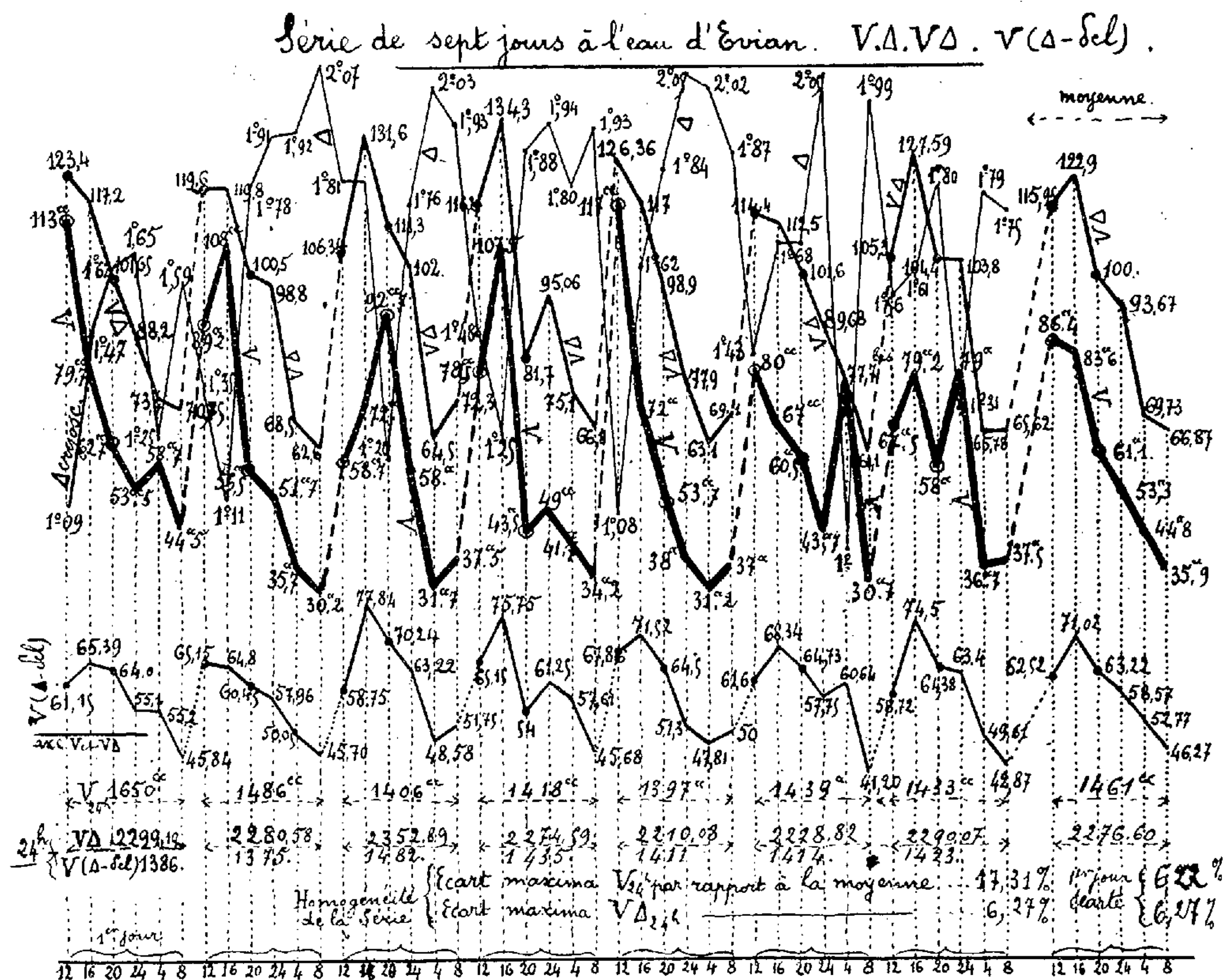
Les débits de l'urine dépendent de la réglementation des ingesta et des modifications dues surtout aux pertes d'eau par les poumons et par la peau ainsi qu'à l'hydratation variable des selles. Mais la constance des débits des 24 heures indique des perturbations minimes. (Nos chiffres expérimentaux présentent des valeurs qui, dans les divisions de 4 heures, varient parfois beaucoup d'un jour à l'autre, mais les compensations au cours du nycthémère rendent le débit des 24 heures sensiblement constant aux jours successifs.)

Sur le graphique, pour chaque fraction de 4 heures (par exemple 8-12),

---

(1) Séance du 15 juillet 1936.

nous avons 4 déterminations V, Δ, VΔ, V(Δ — δCl); ces valeurs sont portées sur l'ordonnée qui correspond à l'abscisse 12 heures et de même pour les autres fractionnements. Nous constatons que lorsque le volume urinaire croît, le Δ cryoscopique décroît; malgré ces variations de sens



inverse la diurèse globale VΔ augmente quand les volumes des émissions augmentent; de même le produit V(Δ — δCl). Le phénomène s'observe soit que l'on compare des valeurs successives au cours du même nycthémère; soit que l'on compare les valeurs correspondant à une même période de 4 heures pendant les jours successifs. Dans les deux cas on constate que *la diurèse moléculaire* (¹) VΔ *et celle des molécules élaborées* V(Δ — δCl)

(¹) Les conclusions d'Albarran (Polyurie expérimentale) sur cette question analysée par JULES COTTET, *Les troubles de l'élimination urinaire de l'eau*, Paris, 1933, p. 14, sont à rapprocher de nos résultats.

varie dans le même sens que les volumes urinaires et en sens inverse de la concentration cryoscopique ([1]).

Notons que l'oligurie accentuée du sommeil au lit (émissions 24-4 et 4-8) correspond à des valeurs minima pour $V\Delta$ et $V(\Delta - \delta Cl)$ et qu'à partir du lever (périodes 8-12 et 12-16) une polyurie relative fournit les plus grandes valeurs pour V, $V\Delta$ et $V(\Delta - \delta Cl)$.

Ces résultats peuvent donner d'utiles indications en vue d'instituer un régime rationnel de boissons, qui doit tendre à ce que le volume urinaire des 24 heures soit suffisant, et à ce que ne s'établissent pas au cours du nycthémère des plages oliguriques trop prolongées.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *L'oxydation réversible de la vitamine C présente dans un milieu biologique ou dans une solution pure.* Note de M. **Nicolas Bezssonoff** et de Mme **Mélanie Woloszyn**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

La proportion de la vitamine C oxydée après un contact de 48 heures avec l'air libre à la température de 37°, s'accroît en raison inverse de la concentration initiale des solutions. L'aspect du phénomène s'identifie à celui que présente la variation du potentiel des solutions fraîches éprouvées en présence de l'air.

L'étude de l'oxydation de la vitamine à pression réduite, en récipients clos, confirme que son activité augmente avec la dilution. Elle révèle en outre un fait nouveau important : l'apparition d'une forme oxydée : vitamine + 1/2 O ou vitamine — H, donc d'une substance de composition $n(C^6H^7O^6)$. Sa présence a été constatée dans une série de cas et en quantités importantes.

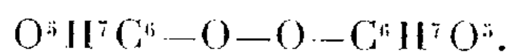
Exemples.

	pH = 2,6.		pH = 6,64.		
Concentration initiale de la vitamine C en mmg. pour 100cm³..	250.	500.	250.	250.	500.
Vitamine oxydée (en mmg.)....	21,8	29,6	42,8	41,0	42,2
O^2 fixé (en mmg.)............	1,57	2,27	2,8	2,4	1,96
Rapport................	13,8	13,0	15,3	17,0	21,5

La réaction entre une molécule de vitamine et un atome d'oxygène exige le rapport : 176/16 = 11, et la réaction : vitamine + 1/20, le rapport :

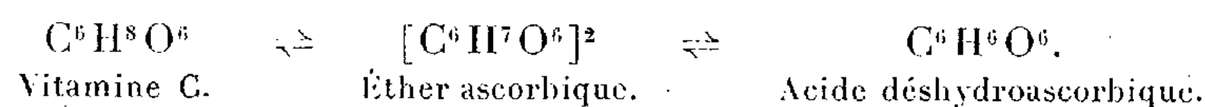
([1]) J. Chaussin, *Journ. de Physiol. et de Pathol. génér.*, 18, 1920, p. 934.

$176/8 = 22$. Nos chiffres attestent donc la présence du produit de cette dernière réaction. Ce corps, actuellement inconnu, devrait posséder la formule de l'éther ascorbique :



$$O^5H^7C^6—O—O—C^6H^7O^5.$$

Ainsi le système complexe, formé par la vitamine devrait être figuré comme suit :



$$C^6H^8O^6 \rightleftharpoons [C^6H^7O^6]^2 \rightleftharpoons C^6H^6O^6.$$

Vitamine C. — Éther ascorbique. — Acide déshydroascorbique.

En se décomposant l'éther peut simultanément produire la vitamine et l'acide déshydroascorbique. Le système précité comprend une seule forme dont l'ionisation est importante, représentée par la vitamine elle-même. L'influence de la dilution sur le potentiel oxydo-réducteur du système serait donc uniquement due à l'activité de cette forme.

Traitant par le dichlorophénol-indophénol la vitamine présente dans le milieu biologique (jus de citron) ou en solution pure, nous avons constaté les faits suivants :

1° le pouvoir décolorant de la vitamine vis-à-vis du dichlorophénol-indophénol varie en fonction de la concentration dans le premier cas, étant stable et toujours plus important quand la solution est pure;

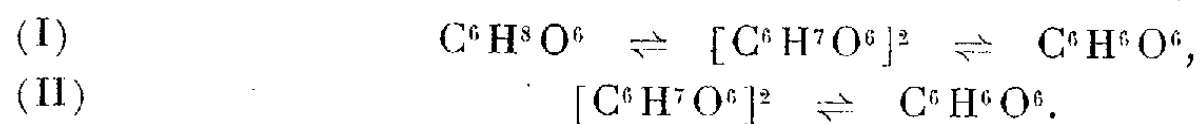
2° la modification du pH ne produisant aucun effet sur le pouvoir décolorant du milieu biologique fait varier celui des solutions pures.

Le premier résultat indique que le système formé par la vitamine et les substances contenues dans le milieu biologique conserve la vitamine sous sa forme primitive, même en présence du dichlorophénol-indophénol. Par contre, cette forme se trouve éliminée quand on introduit le colorant dans une solution pure. D'autre part, les observations qui se rapportent à l'influence du pH attestent que le système formé dans le premier cas est plus stable et plus proche de l'équilibre thermodynamique que dans le deuxième.

Traitant la vitamine synthétique par le dichlorophénol-indophénol et ensuite par le réactif Bezssonoff, nous nous sommes convaincus de l'absence d'une réaction violette (diénolique) attribuable à la vitamine primitive. La disparition du groupement diénolique de la vitamine oxydée par ce colorant, en solution pure, a été démontrée aussi par Wurmser et Mme Mayer (1936) à l'aide de mesures spectrophotométriques. Cependant, quand on remplace la solution pure par le milieu biologique, on constate, en utilisant le réactif Bezssonoff, que la vitamine se conserve en grande partie intacte, 40 pour 100 environ, en présence du dichlorophénol-indophénol.

La différence entre l'état de la vitamine oxydée réversiblement par ce colorant dans un milieu biologique ou dans une solution pure se laisse également démontrer par l'épreuve sur le cobaye [1].

Ces données, dans leur ensemble, indiquent qu'en présence du dichlorophénol-indophénol les systèmes formés par la vitamine dans le milieu biologique et en solution pure prennent respectivement l'aspect suivant :



(I) $C^6H^8O^6 \rightleftharpoons [C^6H^7O^6]^2 \rightleftharpoons C^6H^6O^6$,

(II) $[C^6H^7O^6]^2 \rightleftharpoons C^6H^6O^6$.

Ainsi la stabilité de la vitamine se trouve singulièrement renforcée dans le milieu biologique, effet attribuable à la présence d'autres réducteurs propres à ce milieu. Il est évident que le système II, constitué par les formes de la vitamine oxydée réversiblement, doit pouvoir subsister dans un milieu biologique dont le potentiel oxydo-réducteur serait encore plus élevé que celui du dichlorophénol-indophénol ($r[H_2] = 21,3$).

Ainsi s'explique la part que prend la vitamine aux oxydations-réductions s'effectuant à la surface de contact du tissu vivant et de l'oxygène libre. Une telle conception s'accorde avec les données expérimentales de Quastel (1934) et avec l'influence bien connue exercée par la vitamine sur l'état de l'endothélium des capillaires et les propriétés du sang.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Teneur en composés protidiques du sérum de quelques Ongulés.* Note [2] de MM. **Achille Urbain** et **R. Cahen**, présentée par M. Charles Achard.

L'étude de la teneur en composés protidiques dans l'organisme animal, à peine ébauchée pour les espèces domestiques, n'a, à notre connaissance, jamais été effectuée sur les animaux sauvages. La possibilité d'expérimenter, au Parc zoologique du Bois de Vincennes, sur des animaux se trouvant dans des conditions physiologiques optima, nous a incités, en dépit des difficultés du prélèvement [3], à effectuer cette étude.

Nos recherches actuelles ont porté sur le sérum de divers animaux *ruminants* et *non ruminants* appartenant à des espèces sauvages de l'ordre des Ongulés : Caprinés : Mouflon de Corse (*Ovis musimon* Pallas); Anti-

(1) La description de cette épreuve paraîtra dans un autre Recueil.

(2) Séance du 15 juillet 1936.

(3) MM. Bullier et Nouvel, assistants au Parc, ont bien voulu effectuer les prélèvements de sang.

lopinés : Gazelle Dorcas (*Gazella dorcas*); Cervidés : Cerf Rusa (*Cervus unicolor* Kerr), Renne (*Rangifer tarandus* L); Camélidés : Lama (*Lama glama* L); Suidés : Sanglier (*Sus scrofa* L); Equidés : Zèbre de Grévy (*Equus grevyi* Oustalet).

Nous avons complété cette étude par celle d'espèces domestiques déjà étudiées (Vache, Cheval), mais ayant donné lieu parfois à des controverses ([1]).

La première série d'expériences, qui fait l'objet de la présente Note, a trait au dosage des protides totaux et de ses principaux constituants (sérine et globuline) dans le sérum de ces animaux. Le sérum a été obtenu dans des conditions aseptiques, après 48 heures de coagulation. Les résultats obtenus pour les protides totaux, déterminés par la méthode classique de précipitation alcoolique d'Achard, Boutroux et Codounis ([2]) sont résumés dans le Tableau I.

TABLEAU I. — *Teneur du sérum en protides totaux.*

(Résultats exprimés en grammes par litre.)

Famille.		Nombre d'animaux.	Protides totaux. Minimum.	Maximum.	Moyenne.
	I. — *Ongulés ruminants.*				
Bovinés	Vache	16	31	66,40	75,35
Caprinés	Mouton	10	58	76,6	67,70
	Mouflon de Corse	8	43	93	72,28
Antilopinés	Gazelle Dorcas	4	75,3	110	81
Cervidés	Cerf Rusa	8	66	88	67
	Renne	4	66,65	78,75	71,53
Camelidés	Lama	4	65	72,7	69,50
	II. — *Ongulés non ruminants.*				
Suidés	Sanglier	4	81,9	85	86
Équidés	Cheval	4	80,33	84,3	81
	Zèbre de Grévy	2	81	84,4	82,70

([1]) G. COLIN, *Traité de Physiologie comparée des animaux*, Paris, 1886, p. 616; A. BADINAND, *Les protéines du sérum* (Thèse Doct. Pharm. Lyon, 1930); G. DEMENIER, *Contribution à l'étude des protéines du sérum sanguin* (Thèse Doct. Pharm., Bordeaux, 1934); D. BROCQ-ROUSSEU et G. ROUSSEL, *Le sérum du cheval normal*. Paris, 1935; A. DAMBOVICEANU, *C. R. Soc. Biolog.*, **108**, 1929, p. 326; M. PIETTRE et VILA, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, **3**, 1921, p. 463; A.-S. MAC FARLANE, *Biochem. Journ.*, **29**, 1935, p. 660; P. HOWE, *Biol. Chim.*, **67**, 1926, p. 767.

([2]) CH. ACHARD, A. GRIGAUT, A. CODOUNIS et A. BOUTROUX, *Bull. Acad. Méd.*, **101**, 1929, p. 22; *Bull. Soc. Chim. Biol.*, **12**, 1930, p. 21.

La sérine du sérum de ces animaux a été dosée par la méthode de F. Kayser ([1]), la globuline calculée par différence. Le Tableau II groupe les résultats obtenus pour ces constituants ainsi que leur rapport (quotient albumineux).

TABLEAU II. — *Teneur du sérum en sérine et globuline* (résultats exprimés en grammes par litre).

Famille.		Nombre d'animaux.	Sérine. Min.	Sérine. Max.	Sérine. Moy.	Globuline. Min.	Globuline. Max.	Globuline. Moy.	Quotient albumin. Min.	Quotient albumin. Max.	Quotient albumin. Moy.
			I. *Ongulés ruminants.*								
Bovinés	: Vache.........	16	21,20	56,58	43,4	15,90	65,30	30,7	0,42	3,1	2,10
Caprinés	Mouton	10	34	50,70	42,5	19,5	34	24,9	1	2,41	1,79
	Mouflon	10	42,9	83	61,2	10	31	19,8	1,52	5	2,81
ntilopinés	: Gazelle Dorcas..	4	32	53,6	32,45	32,15	33,60	50,13	0,80	1,52	1,05
Cervidés	Cerf Rusa......	8	50,6	70,2	57,56	19,60	25,30	21,03	2	3,02	2,70
	Renne.........	4	50,5	63,4	57,86	17	21,70	18,70	2,30	3,57	2,90
			II. *Ongulés non ruminants.*								
Suidés	: Sanglier.......	4	52,2	54	53,20	33	34	33,7	1,52	1,6	1,57
Équidés	Cheval	4	44,3	45,75	45	36	36,95	36,5	1,23	1,33	1,23
	Zèbre de Grévy.	2	45,40	46,10	45,75	35	38,90	36,95	1,13	1,33	1,23

L'examen de ces tableaux permet de tirer les conclusions suivantes :

1° La teneur du sérum en protides totaux semble peut différente chez les divers Ongulés étudiés, qu'il s'agisse d'espèces éloignées par le mode de vie (espèces sauvages et domestiques) ou par le mode de digestion (Ruminants et non Ruminants);

2° La protéinémie de ces animaux est sensiblement voisine de la protéinémie humaine; elle est cependant légèrement inférieure chez les Caprinés et plus élevée chez les Suidés et les Équidés;

3° La globulinémie est inférieure chez les Caprinés sauvages et les Cervidés; elle est assez rapprochée de celle du sérum humain chez les autres Ongulés;

4° L'équilibre protidique du sérum semble voisin de celui constaté chez l'homme par Achard et ses collaborateurs, chez les divers Ongulés examinés, à l'exception des Cervidés et des Caprinés sauvages.

([1]) *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 12, 1930, p. 533.

MICROBIOLOGIE. — *Facteurs activants thermostabiles d'origine cryptogamique favorisant la croissance des Bactéries.* Note de MM. **A.** et **R. Sartory**, **J. Meyer** et Mlle **M. J. Merglen**.

Pour la mesure exacte de la croissance des microorganismes soumis à l'action des facteurs activants, on a eu recours aux trois méthodes suivantes :

1° numération des colonies par la culture en boîtes de *Petri* ou en fioles de *Roux* sur des milieux solides;

2° numération des germes par la méthode de la numération des globules sanguins au moyen d'hématimètres spéciaux : *Burker*, *Liebreich* et *Nageotte* à profondeur de $0^{mm},025$;

3° pesée de la masse bactérienne après culture sur milieu liquide et séparation du milieu par centrifugation et lavages successifs.

Les facteurs activant la croissance provenaient de quatre champignons différents : *Aspergillus fumigatus* Fresenius, *Schizosaccharomyces hominis* Benedek, *Mucor nigricans* Van Tieghem, *Mucor plumbeus* Bonorden, cultivés sur bouillon glucosé.

Les filtrats ont été obtenus à partir de cultures âgées de 3 jours, de 10 à 15 jours et de deux mois.

Nous avons ainsi pu constater que les facteurs activant la croissance se trouvaient uniquement dans les cultures jeunes. Les substances activantes sont élaborées tant qu'il y a accroissement du nombre des individus cryptogamiques, aussitôt que par suite de la désassimilation les premiers symptômes lytiques se manifestent dans les cultures.

Les corps stimulants sont hydrosolubles.

Les facteurs activant la croissance ne deviennent manifestes qu'après chauffage à + 80° ou à des températures supérieures des filtrats de culture. Ils sont donc thermostabiles et résistent même au chauffage prolongé à + 120°.

Ils traversent aussi bien la membrane du filtre ordinaire que celle des bougies de porcelaine et des sacs de collodion.

Mais tous ces filtrats ne deviennent actifs que par stérilisation (chaleur); ils conservent leurs propriétés pendant plusieurs mois (glacière).

Les facteurs activants agissent à doses infiniment petites et leur influence ne dépend pas de la quantité de filtrat mise en jeu.

Ces substances n'ont donc pas de rôle nutritif mais agissent probablement par un effet catalytique.

Lors de nos recherches pour déterminer quantitativement la croissance des bactéries, nous avons pu constater que la numération des colonies sur milieux solides constituait une méthode peu précise par comparaison avec les autres techniques mises en œuvre.

Elle nous a cependant permis de mettre en évidence que les facteurs activants ne favorisent la croissance des bactéries qu'au début de la culture et ne déterminent qu'un amorçage rapide des cultures, accélérant la vitesse de prolifération des bacilles sans augmenter le poids final de la récolte.

Les méthodes de numération des germes par l'emploi de compte-globules spécialisés et le dosage pondéral après forte centrifugation et lavage nous ont fourni des résultats sensiblement comparables. Nous donnons dans le tableau suivant un exemple concernant *Sarcina aurantiaca*.

Milieux.	Nombre des bactéries comptées après :			Récolte en poids après 3 jours de culture.	
	1 heure.	2 heures.	5 heures.		
Foie de veau + $0^{cm^3},5$ de bouillon glucosé filtré (Témoin)	10	26	53	0,0034	41 %
Foie de veau + $0^{cm^3},5$ filtrat d'*Aspergillus fumigatus*	13	30	82	0,0045	54,2
Foie de veau + $0^{cm^3},5$ filtrat de *Schizosaccharomyces hominis*	26	45	124	0,0052	62,55
Foie de veau + $0^{cm^3},5$ filtrat de *Mucor nigricans*	24	56	143	0,0079	95,2
Foie de veau + $0^{cm^3},5$ filtrat de *Mucor plumbeus*	28	68	187	0,0083	100

Les deux méthodes nous ont donc confirmé que les facteurs activant la croissance de *Sarcina aurantiaca* produits par le *Mucor plumbeus* étaient les plus favorables.

En contrôlant ces phénomènes au moyen d'autres bactéries, nous avons pu constater que les substances stimulantes engendrées par nos 4 champignons étaient strictement spécifiques pour certaines bactéries. Il ne peut donc pas s'agir d'une même et unique substance, mais chaque champignon doit produire son facteur activant agissant électivement sur telle bactérie.

Il existe une spécificité entre certains champignons et certaines bactéries.

Nous avons ainsi pu mettre en évidence les affinités suivantes pour 3 catégories de filtrats cryptogamiques sur 3 groupes de bactéries :

Les facteurs stimulants obtenus à partir de cultures de *Mucor plumbeus* ou de *Mucor nigricans* occasionnent une prolifération maxima sur presque tous les

coccis examinés par nous : Sarcine dorée, Staphylocoque doré, Staphylocoque citrin, Staphylocoque *Masson*, Entérocoques, Streptocoque hémolytique; Streptococcus viridans, Gonocoque. La seule exception est fournie par Sarcina flava pour laquelle la culture se montre plus luxuriante en présence de facteurs stimulants de *Schizosaccharomyces hominis*.

Les facteurs activants obtenus au moyen de cultures d'*Aspergillus fumigatus* Fresenius donnent une croissance maxima pour toutes les bactéries du groupe *Mycobacterium* de Lehmann et Neumann que nous avons expérimenté : Bacille de Koch type humain et bovin (Vallée), *Grasbacillus* de Moeller, Bacille de Hoffmann. Seule exception : Bacille de la diphtérie pour lequel nous n'avons pas pu mettre en évidence la moindre activation au moyen de nos quatre filtrats.

Les facteurs activants provenant des cultures de *Schizosaccharomyces hominis* exercent leur effets sur : Pneumobacille de Friedlander, Colibacille, Paratyphique A et B, Bacille pyocyanique, *Bacillus prodigiosus* et *Proteus vulgaris*.

Les divers filtrats expérimentés sont restés sans action sur le *Bacillus subtilis*, le Bacille du charbon, le *Bacillus mesentericus* et le *Bacillus lacticus*.

Nos recherches continuent sur les ultrafiltrats.

MICROBIOLOGIE. — *Virus isolé des souris et retrouvé chez l'homme au cours de la vaccination contre la fièvre jaune*. Note de MM. **Jean Laigret** et **Roger Durand**, transmise par M. Félix Mesnil.

Traub en Amérique, P. Lépine en France ont isolé des souris le virus qui cause la *chorio-méningite* de ces petits rongeurs; il s'identifie, par les épreuves d'immunité croisée, avec celui qu'Armstrong considère comme l'agent de certaines *méningites lymphocytaires* de l'homme. Mollaret et Findlay supposent que le même virus est responsable des réactions méningées bénignes qui succèdent parfois à l'inoculation du vaccin de la fièvre jaune, vaccin préparé, comme on sait, avec les cerveaux des souris.

Les élevages de souris blanches qui nous servent à la fabrication du vaccin antiamaril sont, en apparence, parfaitement sains : nous n'y avons jamais constaté aucune mortalité. ni aucun trouble qui pût y faire soupçonner l'existence du virus de la chorio-méningite. Mais, ayant sacrifié des souris en parfaite santé et inoculé leurs cerveaux à des cobayes,

nous avons provoqué, à diverses reprises, chez ceux-ci, une fièvre nettement caractérisée, que nous reproduisons indéfiniment de cobaye à cobaye par passages en série (cerveau dans péritoine). Il existe donc, dans nos élevages, un virus non pathogène pour les souris, mais pathogène pour le cobaye. L'infection des souris est permanente ou, pour le moins, de très longue durée, car on rencontre le virus chez elles à tous les âges : adultes, souriceaux, nouveau-nés, *embryons*. Il s'agit, par conséquent, d'un virus qui vit chez les souris d'une manière quasi indéfinie, sans troubler leur santé : c'est un *inframicrobe habitué* des souris.

La maladie expérimentale du cobaye a une incubation moyenne de 6 jours. Elle dure, en général, le même temps. Elle s'accompagne d'un amaigrissement marqué et environ 40 pour 100 des cobayes meurent au déclin de la courbe thermométrique. Ceux qui guérissent sont immunisés contre une deuxième inoculation.

Les petits singes sont irrégulièrement sensibles : tantôt ils réagissent par une fièvre identique à celle du cobaye, tantôt ils résistent. Sur 5 singes inoculés par voie cérébrale et soumis à des ponctions lombaires répétées, un seul a fourni un liquide céphalo-rachidien anormal : 67 cellules par millimètre cube, dont 90 pour 100 de lymphocytes. Il a guéri sans avoir présenté cliniquement aucun autre trouble que la fièvre.

Nous avons isolé le virus du liquide céphalo-rachidien d'un homme vacciné contre la fièvre jaune et atteint d'une réaction méningée bénigne. Le liquide avait été inoculé à des souris (voie cérébrale) qui n'ont pas réagi, à des cobayes (voies péritonéale et cérébrale) qui ont eu la fièvre et ont été le point de départ de passages positifs. Il y a immunité complète, dans les deux sens, entre le virus rachidien du vacciné et le virus des souris. Quatre sujets volontaires ont reçu, sous la peau, une suspension de cerveaux de cobayes infectés du virus des souris. Il n'en est résulté aucun trouble.

Un broyage d'embryons de poulets, destiné à des cultures sur tissus, a été inoculé à des cobayes. Ceux-ci ont montré la fièvre et l'infection put être transmise par des passages successifs que nous continuons d'entretenir. Il y a immunité, dans les deux sens, entre le virus des souris et le virus des embryons de poulets.

Enfin nous étudions une autre souche, isolée du liquide céphalo-rachidien d'un homme non vacciné contre la fièvre jaune.

Le virus des souris, de l'homme et des embryons de poulets donne au lapin et au rat une infection inapparente. Le cerveau de ces animaux, au

dixième jour de l'inoculation, est virulent pour le cobaye. Leur sérum n'agglutine pas le *B. proteus* X19. En outre, les animaux guéris du virus des souris ne sont pas immunisés contre les typhus. Inversement, les typhus murins et le typhus historique immunisent contre le virus habitué des souris.

Par rapport au virus amaril dit neurotrope, celui dont est fait le vaccin de la fièvre jaune, le virus habitué des souris est dépourvu de toute action immunisante.

Nous avons entrepris de purifier le vaccin de la fièvre jaune en le séparant du virus associé, opération difficile que ne permettent, jusqu'à présent, ni la filtration ni la culture sur tissus. En effet, d'une part, l'inframicrobe des souris traverse les filtres avec la même aisance que le virus amaril; d'autre part, il peut être présent dans les tissus embryonnaires de souris ou de poules, qui servent de supports à nos cultures.

CHIMIE MICROBIOLOGIQUE. — *Sur le comportement comparé des endotoxines et des exotoxines vis-à-vis de l'acide trichloracétique.* Note de M. **André Boivin**, présentée par M. Emmanuel Leclainche.

En collaboration avec L. Mesrobeanu [1], nous avons montré que, lorsqu'on traite diverses bactéries par un réactif précipitant les albumines, comme l'acide trichloracétique, on provoque la sortie, hors des cadavres bactériens, d'une substance non protéique, dont les propriétés chimiques et biologiques sont fort remarquables. Soluble dans l'eau, non dialysable, elle apparaît comme étant formée par l'union, en un complexe peu stable, d'un polysaccharide avec des acides gras. Spécifique, antigénique au sens plein du terme et toxique, elle semble bien représenter à la fois l'antigène somatique O *complet*, responsable de la spécificité de type de la bactérie et le constituant principal de l'endotoxine microbienne. Le constituant accessoire de l'endotoxine paraît être représenté par les protéines bactériennes.

De tous les réactifs déprotéinisants que nous avons essayés, c'est l'acide trichloracétique qui nous est apparu comme le plus propre à effectuer la

---

[1] Voir spécialement *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 2124 et 2211; **201**, 1935, p. 168 et p. 984; *Revue d'Immunologie*, **1**, 1935, p. 553; **2**, 1936, p. 113.

séparation entre les endotoxines glucido-lipidiques et les protéines bactériennes. On doit se demander comment se comportent, vis-à-vis du même réactif, les exotoxines typiques, comme la toxine diphtérique et son dérivé l'anatoxine diphtérique. On est encore mal renseigné sur la nature chimique de ces exotoxines, mais pourtant on a lieu de penser qu'il s'agit d'albumines ou de corps voisins des albumines. On peut donc s'attendre à les voir précipiter sous l'action de l'acide trichloracétique et l'expérience a confirmé notre espérance.

Lorsqu'on traite par l'acide trichloracétique un bouillon renfermant de la toxine ou de l'anatoxine diphtérique, de façon à abaisser le pH à 4 ou au-dessous de 4, on voit se former immédiatement un fin précipité. Le filtrat, aussitôt neutralisé, ne montre plus trace de substances toxiques pour le cobaye (cas de la toxine) ou de substances capables de floculer spécifiquement par le sérum antidiphtérique (cas de la toxine et de l'anatoxine).

Nous nous sommes demandé s'il ne serait pas possible de récupérer du précipité trichloracétique, et selon le cas, ou l'exotoxine ou son ana-dérivé. Nos essais ont porté surtout sur l'anatoxine diphtérique et nous allons résumer l'essentiel de nos résultats. Lorsqu'on abaisse à 4 le pH d'une anatoxine brute, par adjonction d'acide trichloracétique, il apparaît immédiatement un précipité, qui se dépose très rapidement par centrifugation à grande vitesse. Ce précipité, de coloration nettement rougeâtre, se dissout instantanément et totalement dans un petit volume de solution tampon de phosphate de sodium de pH 8. On obtient de la sorte une liqueur rouge, qu'on peut décolorer par un contact de quelques secondes avec du noir animal. La reprécipitation par l'acide trichloracétique conduit à l'obtention d'une substance qui est absolument incolore, tant à l'état solide qu'en solution phosphatique. A condition de ne pas abaisser le pH de la solution beaucoup au-dessous de 4, de ne pas prolonger au delà de quelques minutes la durée du contact entre l'anatoxine et l'acide et d'éviter tout échauffement pendant la centrifugation, on peut récupérer dans la solution phosphatique la quasi-totalité des substances floculantes et immunisantes présentes dans l'anatoxine brute d'où l'on est parti. Nous poursuivons d'ailleurs, en collaboration avec G. Ramon et R. Richou, l'étude immunologique de la substance ainsi récupérée. Il est aisé, par cette technique, de concentrer 10 fois et même 100 fois une anatoxine, tout en éliminant au moins l'immense majorité des substances étrangères présentes dans le produit

brut. La précipitation par l'acide trichloracétique apparaît ainsi comme étant plus avantageuse que la précipitation par les acides chlorhydrique ou acétique, mise en œuvre par divers auteurs pour purifier l'anatoxine [1].

Nous nous sommes préoccupé d'étudier la constitution chimique de la substance obtenue en précipitant deux fois à pH = 4 de l'anatoxine brute (échantillon G. 318 de l'Institut Pasteur, à 40 unités par centimètre cube), une décoloration au noir animal s'intercalant entre les deux précipitations trichloracétiques et le second précipité étant lavé rapidement, par centrifugation, avec un petit volume de solution d'acide trichloracétique de pH = 4. Le précipité représente en poids 0,40 pour 100 des matières dissoutes dans l'anatoxine brute et son azote constitue 0,55 pour 100 de l'azote total du bouillon. Une unité d'anatoxine correspond à environ 3/1000e de milligramme de précipité sec. Ce précipité renferme 0,5 pour 100 de matières minérales (cendres sulfuriques), 15,1 pour 100 d'azote, une trace (0,1 pour 100) de phosphore et il ne libère à l'hydrolyse acide aucune quantité appréciable de sucres, de purines ni d'acides gras. Il est donc constitué par des matières protéiques sans adjonction d'acide nucléique, de matières lipidiques ou de matières glucidiques. Nous nous garderons bien d'affirmer qu'il représente de l'anatoxine pure. La digestion trypsique du précipité fait disparaître toutes les propriétés biologiques caractéristiques de l'anatoxine et supprime la précipitabilité par l'acide trichloracétique.

Les résultats préliminaires que nous venons d'exposer laissent espérer que la précipitation par l'acide trichloracétique permettra, dans nombre de cas, de séparer les exotoxines vraies des endotoxines glucido-lipidiques qui peuvent être mises en liberté, dans le milieu de culture, par suite de l'autolyse des bactéries. Une telle possibilité ne manquerait pas d'être fructueuse dans l'étude de maintes questions d'immunologie.

---

[1] C'est ainsi que S. Schmidt (*Ann. Institut Pasteur*, 46, 1931, p. 202), travaillant sur l'anatoxine diphtérique, obtient un rendement de 60 pour 100 seulement après une précipitation par Cl H et de 35 pour 100 seulement après deux précipitations par Cl H, malgré un contact de plusieurs heures avec l'acide. Nous obtenons pratiquement 100 pour 100 de rendement avec un contact réduit à quelques minutes.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Atténuation du virus de la peste aviaire par les rayons* X. Note de MM. **Baruch Samuel Levin** et **Iwo Lominski**, présentée par M. Charles Achard.

Dès la découverte des rayons X, l'effort des chercheurs a porté sur l'étude de leur action bactéricide. Pendant longtemps les bactéries (contrairement aux tissus) semblèrent être réfractaires aux rayons X. Ce n'est qu'à partir du moment où l'augmentation du rendement des appareils eut permis d'obtenir 100000 *r* à 200000 *r* (en quelques heures avec des appareils à tube Coolidge et en quelques minutes avec des tubes à rayons X mous) qu'on est arrivé à déterminer les doses bactéricides et l'effet des doses submortelles.

A notre connaissance, les virus ont été jusqu'à présent considérés comme réfractaires aux rayons X. Nous avons pensé que leur prétendue résistance n'était probablement qu'une question de dose rœntgénienne et nous avons appliqué des doses jusqu'à 15 fois plus importantes que celles requises pour tuer les bactéries, soit 3000000 *r*.

Dans ces conditions nous avons, en effet, observé une action de rayons X sur le virus de la peste aviaire (¹); nous relatons ci-dessous brièvement nos expériences.

Expériences. — Nous avons dû avoir recours à un appareil à rayons X durs permettant d'irradier à la fois plusieurs centimètres cubes de liquide, notre appareil à rayons mous n'ayant qu'une capacité d'une goutte.

a. Appareil à rayons X. — Un tube Philips Metallix alimenté sous la tension constante de 100kV émettait sans filtre supplémentaire 2000 *r*/minute à une distance anticathode : préparation égale à 60^{mm}. Le débit du tube était dans ces conditions de 3mA. Le rayonnement émis était mesuré au moyen d'une chambre de Küstner. Une circulation d'eau assurant le refroidissement continuel du tube évitait l'échauffement de la préparation. Pour arriver avec cet appareil à la dose de 3000000 *r*, il aurait fallu une durée d'irradiation de 25 heures; nous avons opéré à dose fractionnée pendant plusieurs jours, en appliquant 500000 *r* par séance et en maintenant le virus entre les séances à la glacière à 4°C.

b. Virus. — Après quelques passages la souche de virus dont nous nous sommes servis tuait régulièrement le coq en 64 heures à 78 heures avec des

(¹) Nous devons le virus de la peste aviaire à l'obligeance de M. H. Plotz que nous tenons à remercier ici.

symptômes caractéristiques de peste aviaire, à la dose de 1^{cm^3} de sang virulent en injection intramusculaire. La dose minima mortelle de ce virus, à la dilution de 1/5 000 000e, provoquait la mort, en 4 à 5 jours, de coqs de race Rhode-Island Red et Light Sussex dont les poids oscillaient entre 2 à 3^{kg}.

c. *Irradiation.* — Le sang virulent provenait du cœur d'un animal mourant; il était irradié dans des godets de verre de 3^{cm^3}, bouchés par des capuchons en caoutchouc. Le godet contenant le virus témoin, recouvert d'une épaisse couche de plomb, se trouvait à proximité du virus irradié, de façon à se trouver dans les mêmes conditions de température et d'atmosphère.

Du fait que, sous l'action des rayons X, il se forme de l'eau oxygénée, les virus irradié et témoin furent dilués après l'application de chaque 1 000 000 *r* dans 2 fois leur volume d'eau physiologique. En tenant compte de ces dilutions, les doses de virus injectées dans ces expériences étaient donc respectivement de 1, 3 et 9^{cm^3} au lieu de 1^{cm^3} de sang non dilué.

Résultats. — Les animaux témoins infectés avec du virus non irradié succombaient tous entre 64 heures et 78 heures.

Les animaux qui avaient reçu du virus irradié avec 1 000 000 *r* succombaient au moins aussi rapidement que les témoins. Par contre les animaux inoculés avec du virus ayant reçu entre 1 500 000 *r* et 2 000 000 *r* faisait une maladie atténuée, dont la gravité et la durée diminuaient à mesure que la dose roentgénienne administrée augmentait.

Les animaux injectés avec du virus irradié à 2 500 000 *r* et 3 000 000 *r*, ne présentaient aucun signe apparent de maladie.

Conclusions. — Les expériences démontrent que l'on peut atténuer, ou faire disparaître complètement par les rayons X le pouvoir pathogène du virus de la peste aviaire. Contrairement à ce qui se passe pour les bactéries qui sont tuées entre 100 000 *r* et 200 000 *r* et les champignons inférieurs (environ 300 000 *r*), le virus de la peste aviaire est parfaitement virulent après avoir reçu 1 000 000 *r*. La résistance d'autres virus (vaccine, fièvre jaune) [1], étant aussi supérieure à celle des bactéries ou des champignons inférieurs il semble possible d'obtenir une purification des ultravirus par les rayons X.

La séance est levée à 15^h40^m. E. P.

---

(1) B. S. LEVIN, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1441.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 27 JUILLET 1936.

PRÉSIDENCE DE M. JEAN PERRIN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **A. Lacroix** fait hommage à l'Académie de son Mémoire *Les fulgurites du Sahara*.

Notice nécrologique sur M. Paul Stroobant, par M. **Aymar de La Baume Pluvinel.**

L'Académie a eu le vif regret d'apprendre la mort de M. **Paul Stroobant** survenue le 15 juillet dernier à l'âge de 68 ans.

Élu Correspondant pour la Section d'Astronomie en 1932, Stroobant s'est toujours montré un ami fidèle de la France en se rangeant, dans les Congrès scientifiques, aux côtés des délégués français et en leur apportant le concours de sa haute autorité.

Il était encore sur les bancs du lycée lorsqu'il attira sur lui l'attention du monde savant par la publication de mémoires importants qui furent couronnés par l'Académie Royale de Belgique. Après avoir obtenu les grades de docteur ès sciences mathématiques et physiques, il vint à Paris en 1890 pour faire un stage à l'Observatoire et suivre les cours de la Sorbonne. Puis, de retour à Bruxelles, il fut nommé astronome-adjoint à l'Observatoire Royal de Belgique où il devait faire toute sa carrière astronomique. Après être passé par les différents grades intermédiaires, il devint directeur-adjoint en 1918 et directeur effectif à partir de 1925 jusqu'à ce qu'il prît sa retraite, il y a trois mois à peine.

Grâce à la prodigieuse activité déployée par Stroobant dans ses fonc-

tions de Directeur, l'Observatoire d'Uccle fut complètement modernisé; il est doté aujourd'hui d'instruments puissants des plus perfectionnés, et occupe actuellement une des premières places parmi les observatoires européens.

Les travaux astronomiques de Stroobant sont très variés et touchent aux différentes branches de l'Astronomie; nous devons nous borner à en faire une rapide énumération.

Son premier sujet d'études fut un phénomène physiologique : l'agrandissement apparent des astres à l'horizon. Il revint plusieurs fois sur cette question et, pour se rendre compte de la cause de cette illusion, il entreprit une série d'expériences dans la vaste salle du Palais de Justice de Bruxelles.

Il publia un mémoire sur le satellite énigmatique de Vénus et montra que les observateurs de ce satellite avaient été induits en erreur par la présence d'étoiles faibles dans le voisinage de la planète. Il observa plusieurs passages de Mercure sur le disque solaire pendant lesquels il mesura le diamètre de la planète.

Plus importantes ont été ses études sur les astéroïdes. Il établit la loi de répartition de ces astres suivant leur distance au Soleil et chercha à évaluer le nombre des petites planètes d'un éclat supérieur à la 20e magnitude, ainsi que la masse totale de l'ensemble de ces petits astres.

L'étude des petites planètes a, d'ailleurs, toujours été en honneur à l'Observatoire d'Uccle et, pour multiplier leur découverte, Stroobant réclama l'acquisition d'astrographes les mieux adaptés à ce genre de recherches. On sait quelles remarquables découvertes furent faites grâce à ces instruments.

L'un de ses sujets d'études préféré a été la planète Saturne dont il a étudié surtout les anneaux, s'attachant à mesurer leur excentricité par rapport au globe de la planète.

Mais Stroobant ne se borna pas à l'étude des astres du système solaire, il fut attiré de bonne heure par les problèmes plus difficiles, mais aussi plus captivants, que nous offre l'astronomie stellaire. Il détermina la position de l'apex solaire en se basant sur la vitesse radiale des étoiles. Cette étude lui permit de constater que les étoiles des divers types spectraux, notamment les étoiles à hélium, donnent des valeurs différentes pour la vitesse de déplacement du système solaire. Il apporta aussi une importante contribution à l'étude de l'amas local en donnant les dimensions de cet amas et en fixant la position que le Soleil y occupe.

Stroobant a pris une part active aux travaux de presque toutes les réunions de l'Union Astronomique Internationale. L'année dernière encore il était à Paris pour assister à la 5e Assemblée Générale de l'Union. Il présidait avec autorité la Commission de la Bibliographie.

Professeur très estimé à l'Université de Bruxelles, il publia son cours d'Astronomie dans un volume écrit dans un style clair et concis, dont une nouvelle édition a paru récemment sous le titre de *Précis d'Astronomie pratique*. Titulaire du prix Lalande en 1921, il fut nommé Correspondant du Bureau des Longitudes en 1923 et promu Officier de la Légion d'Honneur quelques semaines avant sa mort.

Ce rapide exposé de l'œuvre de notre Correspondant montre combien grande a été son activité dans presque toutes les branches de l'Astronomie.

L'Académie adresse à sa famille, et tout particulièrement à Mme Stroobant, l'expression de ses condoléances émues et de son admiration pour la belle carrière astronomique de Paul Stroobant.

COMMISSIONS.

La Commission de la fondation Villemot pour l'année 1936, constituée conformément au règlement, comprendra : MM. **J. Perrin**, **E. Leclainche**, **Ém. Picard**, **A. Lacroix**; **G. Julia**, **J. Drach**, **H. Deslandres**, **E. Fichot**, **A. Béhal**, **L. Cayeux**, **J. Costantin**, **L. Bouvier**, **A. d'Arsonval**, **P. Janet**, **P. Sabatier**, **R. Esnault-Pelterie**.

CORRESPONDANCE.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur quelques polynomes orthogonaux.* Note (1) de M. **J. Geronimus**.

Soit un système de polynomes $\{\Phi_n(z)\}$ défini par la formule

$$z\,\Phi_{n+1}(z) = \Phi_{n+2}(z) + b\,\Phi_{n+1}(z) + c\,\Phi_n(z) \qquad (n = \nu,\ \nu+1,\ \ldots), \tag{1}$$

les nombres (complexes) b, c et les polynomes $\Phi_\nu(z)$, $\Phi_{\nu+1}(z)$ étant donnés.

Trouver la condition nécessaire et suffisante pour que les polynomes $\{\Phi_n(z)\}$

(1) Séance du 20 juillet 1936.

(*à partir de* $n \geqq \nu$) *forment un système orthogonal sur un contour analytique* C, *avec un poids continu et positif sur* C [1].

Introduisons les notations suivantes :

$$(2)\quad \begin{cases} z = g(w) = gw + b + \dfrac{c}{gw}; \qquad g = \sqrt{|c|}; \qquad w = \gamma(z) = \dfrac{z - b + \sqrt{(z-b)^2 - 4c}}{2g}; \\ \varphi_n(w) = \Phi_n[g(w)] \qquad (n = \nu, \nu + 1, \ldots). \end{cases}$$

La condition cherchée est : *les polynomes donnés doivent satisfaire à la relation suivante :*

$$(3)\qquad \frac{\varphi_{\nu+1}(w) - gw\,\varphi_\nu(w)}{\varphi_{\nu+1}(w) - \dfrac{c}{gw}\varphi_\nu(w)} = \pm\left(\frac{\sqrt{c}}{gw}\right)^k \qquad (k = 0, 1, \ldots, 2\nu + 2).$$

Désignons par C_r l'ellipse avec les foyers $b \pm 2\sqrt{c}$ et la demi-somme des axes $2gr(r > 1)$; soit, en particulier, C_h l'ellipse à l'intérieur de laquelle se trouvent toutes les racines de $\Phi_\nu(z)$, $\Phi_{\nu+1}(z)$ et $\Omega_{\nu+1}(z)$, où nous avons posé

$$(4)\qquad \Omega_{\nu+1}(z) = \Phi_{\nu+1}(z) - \frac{c}{g\gamma(z)}\Phi_\nu(z) \qquad [|\gamma(z)| > 2].$$

Sous la condition (3), *les polynomes* $\{\Phi_n(z)\}$ *sont orthogonaux sur toutes les ellipses confocales* $C_r(r \geqq R > 1)$, c'est-à-dire qu'on a

$$(5)\qquad \int_{C_r}\left|\frac{\sqrt{(z-b)^2 - 4c}}{\Omega_{\nu+1}^2(z)}\right|\Phi_n(z)\overline{\Phi_m(z)}\,|dz| = 0 \qquad (n \neq m;\ n, m \geqq \nu).$$

En posant $\nu = 0$, nous arriverons aux types I, III, IV et V de polynomes de M. G. Szegö [2]; il les a obtenus en cherchant les polynomes qui sont orthogonaux sur divers contours simultanément.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Complément à un résultat sur les équations à intégrales principales.* Note de M. **Georges Giraud**.

Dans l'espace à m dimensions ($m \geqq 2$), nous considérons la variété $\mathcal{S}$

$$x_1^2 + x_2^2 + \ldots + x_m^2 = 1.$$

Soit $K(X, A)$ une fonction symétrique de deux points de $\mathcal{S}$, dont les valeurs

(1) Le problème analogue pour les polynomes orthogonaux sur un segment a été résolu par M. Serge Bernstein (*Communications de la Société mathématique de Kharkoff*, 4, 1930, p. 79-93).

(2) *Transactions of the American Mathematical Society*, 37, 1935, p. 195-206.

propres, au sens usité pour les équations de Fredholm, sont les nombres

$$\frac{(-i)^n\Gamma\left(\frac{m+n}{2}\right)\pi^{-\frac{m}{2}}}{\Gamma\left(\frac{n}{2}\right)} \qquad (n=1,\ 2,\ \ldots,\ \infty;\ i^2=-1);$$

pour chaque valeur de n, les fonctions propres sont égales aux valeurs prises sur $\mathfrak{S}$ par les polynomes harmoniques, homogènes et d'ordre n. Ce noyau K, qui intervient à propos des équations à intégrales principales [1], a une expression très simple : si δ représente la distance angulaire entre les deux points, on a

$$(1) \qquad K(X,\ A) = \pm i\frac{\pi}{2} - \log|\cos\delta| + a_m,$$

le signe $+$ convenant pour $\delta < \pi/2$, et le signe $-$ pour $\delta > \pi/2$; la constante a_m est choisie de façon que K soit orthogonal aux constantes, ce qui entraîne

$$a_m = \begin{cases} -\log 2 - \sum\limits_{0<2p<m} \dfrac{1}{m-2p} & \text{pour } m \text{ pair}, \\ -\sum\limits_{0<2p<m} \dfrac{1}{m-2p} & \text{pour } m \text{ impair}. \end{cases}$$

L'étude des équations à intégrales principales conduit à la question suivante : *on donne deux fonctions réelles d'un point* X *de* $\mathfrak{S}$, *l'une* k_1 *impaire, l'autre* k_2 *paire et de valeur moyenne nulle* (sur $\mathfrak{S}$, une fonction est paire ou impaire quand ses valeurs, en deux points courants diamétralement opposés, sont identiques ou toujours opposées) ; *on demande une fonction* f_1 *impaire et une fonction* f_2 *paire et de valeur moyenne nulle, telles qu'on ait*

$$(2) \qquad \int^{(m-1)} K(X,\ A)\,[f_1(A) + f_2(A)]\,dS_A = i\,k_1(X) + k_2(X).$$

Pour résoudre cette question sans employer les séries de fonctions propres, nous posons $K = iK_1 + K_2$, K_1 et K_2 étant réels; on doit avoir

$$(3) \qquad \int^{(m-1)} K_1(X,\ A)\,f_1(A)\,dS_A = k_1(X),$$

$$(4) \qquad \int^{(m-1)} K_2(X,\ A)\,f_2(A)\,dS_A = k_2(X).$$

---

(1) *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 2124 à 2127; spécialement relation (4), p. 2126.

Nous commençons par former les équations dont les seconds membres sont

$$\int^{(m-1)} K_1(X, A)\, k_1(A)\, dS_A \quad \text{et} \quad \int^{(m-1)} K_2(X, A)\, k_2(A)\, dS_A;$$

le noyau itéré de K_1 est le produit de $\pi - 2\delta$ par une constante non nulle, et le noyau itéré de K_2 est de la forme $a + b(\pi - 2\delta)^2$, où b n'est pas nul. Si m est pair, nous appliquons l'opération de Beltrami $m/2$ fois aux deux membres des équations ainsi formées, et nous parvenons ainsi à deux équations de Fredholm (pour $m = 2$, on peut procéder plus directement). Si m est impair, nous appliquons d'abord l'opération de Beltrami $(m-1)/2$ fois; puis, en désignant par $g_\alpha(X)$ ($\alpha = 1, 2$) les seconds membres des équations obtenues, nous formons les équations dont les seconds membres sont $\int^{(m-1)} H(X, A)\, g_\alpha(A)\, dS_A$, en posant

$$H(X, A) = \int_\delta^\pi \sin^{1-m} x \int_x^\pi \sin^{m-1} y\, dy\, dx;$$

aux deux membres des nouvelles équations, nous appliquons enfin l'opération de Beltrami, et nous parvenons encore à deux équations de Fredholm. Dans tous les cas, on démontre qu'un et un seul système de fonctions f_1 et f_2 conformes à nos conditions, satisfait aux deux équations de Fredholm, et ces fonctions satisfont aussi aux équations (3) et (4). Pour que ces calculs soient possibles, il suffit que les dérivées d'ordre $m - 1$ des fonctions k_1 et k_2 existent et remplissent des conditions de Lipschitz, avec des exposants quelconques; les fonctions f_1 et f_2 remplissent alors des conditions de Lipschitz.

Donc *si*, avec les définitions de la Note citée, *on donne l'opération* J_1, *telle que les dérivées d'ordre* $m - 2$ *de* F_1 *existent et remplissent sur* $\mathcal{S}$ *une condition de Lipschitz, avec un exposant quelconque, et si la fonction* $TJ_1(X)$ *ne s'annule en aucun point réel, il existe une opération* J_2 *inverse de* J_1. Ce résultat permet de préciser une classe d'équations à intégrales principales qui possèdent les propriétés indiquées dans la Note citée.

BALISTIQUE. — *Sur le mouvement pendulaire des projectiles.* Note (¹) de M. **Kyrille Popoff**, présentée par M. Ernest Esclangon.

M. Burzio (²) établit les équations suivantes du mouvement pendulaire d'un projectile autour de son centre de gravité :

$$\text{(I)} \qquad \frac{d\delta}{-\tau' \cos\psi \sin\delta} = \frac{d\psi}{a\text{R} \sin\delta + \tau' \sin\psi \cos\delta} = \frac{dt}{\sin\delta},$$

où ψ et δ sont les coordonnées polaires du point où l'axe du projectile rencontre la sphère de rayon *un* décrite autour de son centre de gravité, R est l'accélération sur la trajectoire du centre de gravité due à la résistance de l'air, a est inversement proportionnel à la vitesse angulaire de rotation du projectile autour de son axe géométrique et à son moment d'inertie par rapport au même axe.

On démontre facilement que $\sin\psi$ s'annule en même temps que $\sin\delta$. D'autre part $\delta = 0$, $\sin\psi = 0$ est un point singulier du système ci-dessus. Pourtant on peut montrer que ce point est un point ordinaire sur les courbes intégrales qui passent par ce point, ce qui permet la régularisation de ces équations différentielles. En effet le changement de variable

$$x = \sin\delta \sin\psi, \qquad y = -\sin\delta \cos\psi, \qquad z = \cos\delta$$

ramène ces équations au système d'équations différentielles linéaires suivantes :

$$\text{(II)} \qquad \frac{dx}{dt} = -a\text{R}y, \qquad \frac{dy}{dt} = \tau' z + a\text{R}x, \qquad \frac{dz}{dt} = -\tau' y,$$

où τ' est la dérivée, par rapport au temps t, de l'angle τ que fait la tangente de la trajectoire avec l'horizon. Dans la pratique il serait avantageux d'introduire τ au lieu de t comme variable indépendante, ce qui met en relief la relation des propriétés géométriques et de périodicité du mouvement pendulaire avec les éléments géométriques de la trajectoire. On obtient ainsi

$$\text{(III)} \qquad \frac{dx}{d\tau} = \text{Q}y, \qquad \frac{dy}{d\tau} = -\text{Q}x + z, \qquad \frac{dt}{d\tau} = -y, \qquad \text{Q} = \frac{a\text{R}(v).v}{g\cos\tau}.$$

(¹) Séance du 29 juin 1936.

(²) *Mémorial de l'Artillerie française*, **6**, III, 1927, p. 795.

Le mouvement déterminé par ces équations est quasi périodique de période dépendant de Q, ce qui suggère l'introduction de la variable indépendante θ au moyen de la relation

$$\theta = \int_{\tau_0}^{\tau} Q\, d\tau,$$

et qui conduit aux équations différentielles suivantes :

$$\text{(IV)} \qquad \frac{dx}{d\theta} = y, \qquad \frac{dy}{d\theta} = -x + \frac{z}{Q}, \qquad \frac{dz}{d\theta} = -\frac{y}{Q}.$$

Tous ces systèmes admettent l'intégrale première $x^2+y^2+z^2=C$, où dans le problème balistique on a $C=1$. Les systèmes (II), (III), (IV) étant linéaires, leurs intégrales ne peuvent pas avoir d'autres points singuliers que ceux de leurs coefficients. Or ces coefficients sont réguliers sur toute la trajectoire balistique.

Par une méthode analogue à la méthode d'approximations successives de Picard, le système (III) peut être ramené au système d'équations intégrales du type de Volterra suivant :

$$\text{(V)} \qquad \begin{cases} x(\tau) = f(\tau) + \int_{\tau_0}^{\tau} x(s)\, N(\tau, s)\, ds, \\ y(\tau) = \varphi(\tau) + \int_{\tau_0}^{\tau} y(\sigma)\, K(\tau, \sigma)\, d\sigma, \\ z(\tau) = \psi(\tau) + \int_{\tau_0}^{\tau} Q(s)\, x(s) \sin(\tau - s)\, ds, \end{cases}$$

où l'on a

$$f(\tau) = a + b\int_{\tau_0}^{\tau} Q\cos(\tau - \tau_0)\, d\tau + c\int_{\tau_0}^{\tau} Q\sin(\tau-\tau_0)\, d\tau,$$

$$\varphi(\tau) = \quad b\cos(\tau-\tau_0) + c\sin(\tau-\tau_0) - a\int_{\tau_0}^{\tau} Q(s)\cos(\tau - s)\, ds,$$

$$\psi(\tau) = -b\sin(\tau-\tau_0) + c\cos(\tau-\tau_0);$$

$$N(\tau, s) = -Q(s)\int_{s}^{\tau} Q(\tau)\cos(\tau - s)\, d\tau,$$

$$K(\tau, \sigma) = -Q(\sigma)\int_{\sigma}^{\tau} Q(s)\cos(\tau - s)\, ds.$$

Le système (IV) donne lieu au système d'équations intégrales de Volterra

suivant :

$$
\text{(VI)}\quad
\begin{cases}
z(\theta) = f(\theta) + \displaystyle\int_0^\theta z(s)\,\mathrm{N}(s,\theta)\,ds, \\[2mm]
x(\theta) = a\cos\theta + b\sin\theta + \displaystyle\int_0^\theta \frac{z(s)\sin(\theta - s)}{\mathrm{Q}(s)}\,ds, \\[2mm]
y(\theta) = -a\sin\theta + b\cos\theta + \displaystyle\int_0^\theta \frac{z(s)\cos(\theta - s)}{\mathrm{Q}(s)}\,ds
\end{cases}
$$

avec

$$
f(\theta) = c + a\int_0^\theta \frac{\sin\theta}{\mathrm{Q}(\theta)}\,d\theta - b\int_0^\theta \frac{\cos\theta}{\mathrm{Q}(\theta)}\,d\theta, \qquad \mathrm{N}(s,\theta) = -\frac{1}{\mathrm{Q}(s)}\int_0^\theta \frac{\cos(\theta - s)}{\mathrm{Q}(\theta)}\,ds.
$$

Ici, comme dans le système (V), a, b, c sont les valeurs initiales de x, y, z et par conséquent on a $a^2 + b^2 + c^2 = 1$.

Ces équations présentent de grands avantages, ainsi qu'on peut le montrer. Pour l'instant nous voulons attirer l'attention sur le fait que les noyaux des équations de Volterra (V) sont de l'ordre de Q^2, par conséquent la solution correspondante est rapidement convergente pour les petites valeurs de Q malgré l'instabilité du projectile. Le noyau du système (VI) est de l'ordre de $1/\mathrm{Q}^2$ et par conséquent les intégrales sont rapidement convergentes pour les grandes valeurs de Q. Les fonctions connues dans les seconds membres des équations intégrales (V) et (VI) et leurs noyaux étant réguliers sur toute la trajectoire, les séries correspondantes sont convergentes sur toute la trajectoire balistique.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur un cas particulier de trajectoires de certains fluides parfaits hétérogènes.* Note [1] de M. **Émile Merlin**, transmise par M. Ernest Esclangon.

Nous avons considéré [2] certains mouvements des fluides parfaits hétérogènes et caractérisé les courbes qui servent de trajectoires. Nous nous proposons d'en fournir un exemple.

Afin de conserver la notation de Lamé, nous désignerons les paramètres des trois familles de surfaces par ρ, ρ_1, ρ_2. Les trajectoires sont à l'intersection des surfaces de paramètres ρ_1 et ρ_2. Elles sont des géodésiques des

---

[1] Séance du 15 juillet 1936.

[2] *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 2130.

premières. Pour surfaces de paramètre ρ, nous choisirons des surfaces orthogonales aux surfaces de paramètre ρ_1. A ce système triple de surfaces, nous attacherons le trièdre principal des trajectoires, que nous supposerons à courbure constante.

Cela étant, utilisons la notation de Darboux pour les translations et rotations du trièdre mobile. Les conditions caractéristiques s'écriront

$$\eta = \zeta = \eta_2 = q = 0;$$
$$\xi_1\zeta_2 - \xi_2\zeta_1 = 0, \qquad \frac{\partial \eta_1}{\partial \rho} = 0, \qquad \frac{\partial \zeta_2}{\partial \rho} = 0, \qquad \xi\frac{\partial r}{\partial \rho} - r\frac{\partial \xi}{\partial \rho} = 0;$$

conditions auxquelles il convient d'adjoindre 18 équations aux dérivées partielles liant les translations et rotations ([1]).

Choisissons convenablement les surfaces de paramètre ρ et désignons par une lettre minuscule, de l'alphabet ordinaire, autre que celles qui désignent les rotations et affectée de l'indice 1, une fonction ne dépendant que de ρ_1; par A_2, une fonction de ρ et de ρ_1 et par B, une fonction de ρ_1 et de ρ_2, les translations et rotations s'écriront

$$\eta = \zeta = q = p_1 = r_1 = \eta_2 = p_2 = q_2 = r_2 = 0;$$
$$\xi = g_1\frac{\partial A_2}{\partial \rho}, \qquad p = t_1\frac{\partial A_2}{\partial \rho}, \qquad r = \frac{\partial A_2}{\partial \rho};$$
$$\xi_1 = t_1\zeta_1, \qquad \eta_1 = n_1, \qquad \zeta_1 = -(b_1 g_1 + n_1 t_1)A_2 + \frac{\partial B}{\partial \rho_1} - b_1 t_1 B + w_1;$$
$$q_1 = b_1;$$
$$\xi_2 = t_1\frac{\partial B}{\partial \rho_2}, \qquad \zeta_2 = \frac{\partial B}{\partial \rho_2};$$

avec les conditions

$$\frac{\partial A_2}{\partial \rho_1} = b_1 t_1 A_2 + b_1 u_1 - f_1,$$
$$t'_1 + b_1(1 + t_1^2) = 0,$$
$$g'_1 + n_1(1 + t_1^2) + 2b_1 g_1 t_1 = 0.$$

De ces équations on déduit par un choix convenable des paramètres ρ et ρ_1, lequel ne nuit pas à la généralité du résultat, et par des transfor-

---

([1]) GASTON DARBOUX, *Leçons sur les systèmes orthogonaux et les coordonnées curvilignes*, Paris, 1898, p. 185.

mations appropriées

$$\xi = \frac{\rho_1}{\cos\alpha_1}, \quad \eta = 0, \quad \zeta = 0,$$
$$p = \sin\alpha_1, \quad q = 0, \quad r = \cos\alpha_1;$$
$$\xi_1 = \sin\alpha_1 \frac{\partial}{\partial\rho_1}(\rho\rho_1 \operatorname{tang}\alpha_1 + E), \quad \eta_1 = -1, \quad \zeta_1 = \cos\alpha_1 \frac{\partial}{\partial\rho_1}(\rho\rho_1 \operatorname{tang}\alpha_1 + E),$$
$$p_1 = 0, \quad q_1 = -\alpha'_1, \quad r_1 = 0;$$
$$\xi_2 = \sin\alpha_1 \frac{\partial E}{\partial\rho_2}, \quad \eta_2 = 0, \quad \zeta_2 = \cos\alpha_1 \frac{\partial E}{\partial\rho_2};$$
$$p_2 = q_2 = r_2 = 0;$$

α_1 étant une fonction arbitraire de ρ_1 et E, une fonction arbitraire de ρ_1 et de ρ_2.

Ces équations montrent que les surfaces de paramètre ρ_1 sont des cylindres de révolution autour d'un axe fixe, ρ_1 étant le rayon de la section droite et les génératrices rectilignes étant les lignes le long desquelles ρ_2 varie seul.

Les trajectoires sont des hélices circulaires tracées sur ces cylindres. Elles font avec le plan de la section droite un angle α_1, qui est le même pour toutes les hélices situées sur le même cylindre. Elles peuvent dégénérer en des circonférences, si α_1 est nul.

Les surfaces de paramètre ρ_2 sont des surfaces quelconques engendrées par ces hélices, ou des surfaces de révolution.

Dans le cas où la différence entre le rapport de la pression à la densité et le potentiel ne dépend pas exclusivement de la densité et du temps, ces surfaces de paramètre ρ_2 sont d'égale densité; dans l'autre cas, les surfaces d'égale densité sont les cylindres de paramètre ρ_1.

Il est curieux que certaines nébuleuses obscures que l'on rencontre dans la Voie lactée, par exemple au nord de Thêta Ophiuchi (clichés MW 52,632 et MW 63,803 de l'Observatoire Yerkes) rappellent l'aspect qu'imposent ces trajectoires hélicoïdales.

On remarquera également, en se reportant à la Note citée, que, d'une part, les hypothèses faites entraînent une relation entre la pression, la densité, le potentiel et le temps et que, d'autre part, en partant de l'existence d'une telle relation, on peut justifier l'aspect présenté par les nébuleuses spirales (1).

---

(1) Voir notre Note des *Comptes rendus*, **190**, 1930, p. 1118.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur une transformation qui conserve la forme des équations canoniques.* Note de M. **Assène Datzeff**, présentée par M. Louis de Broglie.

M. T. Levi-Cività démontre la propriété suivante [1] : Si dans un système différentiel de Lagrange on opère sur la fonction de Lagrange $\mathcal{L}(q_i, \dot{q}_i)$ et le temps t les changements définis par les formules suivantes :

$$\mathcal{L}_1 = f(\mathcal{L}), \qquad dt' = dt : \frac{df}{d\mathcal{L}}, \tag{1}$$

on obtient un autre système de Lagrange et les trajectoires ne sont pas altérées.

Nous verrons tout d'abord que cette transformation laisse invariantes les équations canoniques de Hamilton

$$\frac{dq_i}{dt} = \frac{\partial \mathcal{H}}{\partial p_i}, \qquad \frac{dp_i}{dt} = -\frac{\partial \mathcal{H}}{\partial q_i}. \tag{2}$$

Puisque $\mathcal{L}$ ne dépend pas explicitement du temps, $\mathcal{L} = \mathcal{H}(q_i, p_i)$ et au lieu de la transformation (1) on a

$$\mathcal{H}_1 = f(\mathcal{H}), \qquad dt' = dt : \frac{df}{d\mathcal{H}}. \tag{1'}$$

Si nous calculons grâce à (1′) les valeurs de dq_i/dt, dp_i/dt, $\partial\mathcal{H}/\partial q_i$, $\partial\mathcal{H}/\partial p_i$ et transportons les valeurs ainsi trouvées dans (2) nous trouvons le nouveau système canonique

$$\frac{dq_i}{dt'} = \frac{\partial \mathcal{H}_1}{\partial p_i}, \qquad \frac{dp_i}{dt'} = -\frac{\partial \mathcal{H}_1}{\partial q_i}. \tag{2'}$$

On sait que l'intégration du système (2) est équivalente à la découverte de l'intégrale complète V de l'équation aux dérivées partielles de Jacobi. Dans le cas envisagé

$$\mathcal{H} = \mathrm{E}, \qquad \mathrm{E} = \text{const.}, \qquad \mathrm{V} = -\mathrm{E}t + \mathrm{W}(q_1, \ldots, q_n, \alpha_1, \ldots, \alpha_{n-1}, \mathrm{E}),$$

où W est la fonction réduite de Jacobi.

Effectuons le changement (1′) et posons $f(\mathrm{E}) = \mathrm{E}_1$. La fonction de

[1] *Recueil Mathématique, Moskow*, 1, (43), 1936, p. 123.

Jacobi devient maintenant $V_1 = -E_1 t' + W_1$, où W_1 satisfait à l'équation suivante

$$\mathcal{H}_1\left(q_i, \frac{\partial W_1}{\partial q_i}\right) = E_1. \tag{3}$$

En se servant de la démonstration classique, qui fait apparaître l'équivalence du système (2′) et de l'équation (3) on voit que

$$W_1(q_1, \ldots, q_n, \alpha_1, \ldots, \alpha_{n-1}, E_1) = W[q_1, \ldots, q_n, \alpha_1, \ldots, \alpha_{n-1}, f(E)].$$

Puisque $\mathcal{H}_1 = \text{const.}$, les équations qui déterminent la trajectoire ne contiennent pas le temps, et cela est d'accord avec le résultat déjà connu, que la transformation effectuée ne change pas la trajectoire.

Il est bien connu que l'équation de Jacobi est identique à l'équation d'onde de la Mécanique ondulatoire, à l'approximation de l'Optique géométrique, et l'on peut identifier la fonction V de Jacobi avec la fonction $h\Phi$, où h est la constante de Planck et Φ la phase de l'onde. Nous en tirons comme conséquence que *la transformation* (1′) *n'altère pas la trajectoire de la particule à l'approximation de l'Optique géométrique*.

On peut trouver un résultat analogue pour la Mécanique quantique. D'après Dirac les équations canoniques du mouvement pour une variable dynamique quelconque, qui ne contient pas explicitement le temps, sont

$$\dot{\xi} = [\xi, \mathcal{H}]. \tag{4}$$

Opérons maintenant la transformation

$$\mathcal{H}_1 = f(\mathcal{H}), \qquad dt' = dt\left(\frac{df}{d\mathcal{H}}\right)^{-1}, \tag{1″}$$

où $f(\mathcal{H})$ est une fonction développable en série selon les puissances de $\mathcal{H}$. Nous définirons la dérivée

$$\xi' = \frac{d\xi}{dt'} = \frac{d\xi}{dt}\frac{dt}{dt'}.$$

Le dernier produit doit être rendu symétrique, puisque les facteurs sont non commutatifs. Nous verrons que *la transformation* (1″) *ne change pas la forme de l'équation* (4), *c'est-à-dire que l'équation*

$$\xi' = [\xi, \mathcal{H}_1] \tag{4′}$$

sera satisfaite.

La fonction $\xi\, dt/dt'$ est une somme de termes de la forme $(n+1)\xi\mathcal{H}^n$. (Le facteur $n+1$ s'introduit par la différentiation.)

Nous rendrons symétrique le terme $(n+1)\xi\mathcal{H}^n$ d'après la formule

$$(5)\qquad (n+1)\left\{\frac{1}{n+1}\sum_{i=0}^{n}\mathcal{H}^i\xi\mathcal{H}^{n-i}\right\}=\sum_{i=0}^{n}\mathcal{H}^i\xi\mathcal{H}^{n-i}.$$

Naturellement, si ξ et $\mathcal{H}$ sont commutatifs, cette somme se réduit à la dérivée classique.

Si nous remplaçons l'expression $\mathcal{H}$ dans le crochet de Poisson par l'expression $\mathcal{H}_1$ développée en série, le crochet se décompose en somme des crochets de la forme $[\xi, \mathcal{H}^{n+1}]$ et l'on a, d'après les propriétés des crochets,

$$(6)\qquad [\xi, \mathcal{H}^{n+1}]=\sum_{i=0}^{n}\mathcal{H}^i[\xi, \mathcal{H}]\,\mathcal{H}^{n-i}.$$

Remplaçons maintenant en (4') ξ' et $[\xi, \mathcal{H}_1]$ par leurs valeurs calculées à l'aide de (5) et (6). A chaque terme de la forme $\mathcal{H}^i\xi\mathcal{H}^{n-i}$ correspond le terme $\mathcal{H}^i[\xi, \mathcal{H}]\,\mathcal{H}^{n-i}$; et leur différence est

$$\mathcal{H}^i\xi\mathcal{H}^{n-i}-\mathcal{H}^i[\xi, \mathcal{H}]\,\mathcal{H}^{n-i}=\mathcal{H}^i\{\xi-[\xi, \mathcal{H}]\}\,\mathcal{H}^{n-i}.$$

Mais l'expression dans la parenthèse est égale à zéro à cause de (4). Donc l'équation (4') est identiquement satisfaite et elle est obtenue à partir de l'équation (4) par la transformation indiquée.

MAGNÉTISME. — *Aimantation permanente de l'acier au voisinage d'un circuit parcouru par une décharge apériodique rapide.* Note de MM. **Raymond Chevallier** et **Marcel Laporte**, transmise par M. Aimé Cotton.

L'un de nous (¹) a étudié récemment, par la méthode du miroir tournant, la structure des éclairs obtenus en déchargeant un condensateur à travers un tube à gaz.

Les clichés permettent, en particulier, de discerner avec certitude si la décharge est oscillante ou apériodique. Dans ce dernier cas l'intensité moyenne du courant de décharge se déduit de la quantité d'électricité,

(¹) Marcel Laporte, *J. de Phys.*, 7ᵉ série, 7, 1936, p. 248.

$Q = C(V_1 - V_2)$, écoulée lorsque la tension entre les armatures d'un condensateur de capacité C, varie de V_1 à V_2 et de la durée de la décharge, qui ressort elle-même de la longueur de l'image photographique des éclairs.

Dans l'un des cas étudiés ($C = 46\ \mu f$, $V_1 - V_2 = 1100$ volts), cette intensité moyenne, relative à une durée de l'ordre de 10^{-5} seconde, atteint des valeurs de l'ordre de 2000 ampères.

Pour déterminer l'intensité maxima d'un tel courant, nous avons pensé à faire passer la décharge dans un conducteur rectiligne et à aimanter de petites aiguilles d'acier, disposées à une distance r du conducteur, parallèlement au champ magnétique H. L'on peut en effet déterminer l'intensité H′ du champ produit par un courant continu qui conduit à la même aimantation rémanente et, dans l'hypothèse où cette aimantation ne dépend que de la valeur maxima du champ, on doit avoir :

$$H' = H \text{ (maximum)} \tag{1}$$

d'où l'on tire l'intensité maxima du courant :

$$H' = 2\frac{i}{r}\text{max.} \tag{2}$$

Nous avons ainsi été amenés à vérifier si le produit $H'r$ reste constant lorsque la distance r varie.

L'expérience a montré qu'il n'en est rien ; en particulier l'aimantation produite au voisinage du fil est inversée, c'est-à-dire que le vecteur intensité d'aimantation est de sens inverse à celui du vecteur champ ; l'aimantation décroît, en valeur absolue, quand on s'éloigne du fil, s'annule (point neutre), prend ensuite le sens du champ, passe par un maximum, à une distance de l'ordre de quelques centimètres, et décroît.

Ce phénomène d'inversion a déjà été signalé par Savary en 1827 ; nos expériences établissent qu'il n'est pas dû, comme on l'a supposé, au caractère oscillant de la décharge.

Différentes hypothèses peuvent être envisagées pour expliquer l'inversion. Nous avons pu montrer, en étudiant le spectre de limaille produit par la décharge, que le champ magnétique ne présente pas d'anomalies, en particulier qu'il ne s'annule pas au voisinage du point neutre.

En utilisant des échantillons de formes variées (disques, couronnes) de façon à réduire ou augmenter l'action éventuelle des courants de Foucault, il a été établi que ces derniers, bien loin de provoquer l'inversion, ont plutôt pour effet de l'empêcher de se produire : différentes expériences de Savary conduisent à la même conclusion.

Nous avons montré que l'inversion est liée à la façon dont se comporte l'acier sous l'action de la *percussion métallique* qui varie d'un échantillon à l'autre et, pour un même échantillon, avec les traitements magnétiques ou thermiques auxquels il a été soumis.

Enfin nous avons montré qu'à la suite de cette percussion magnétique, l'intensité d'aimantation était parallèle au champ (de même sens ou de sens inverse); aucune composante de l'aimantation normale au champ n'a pu en effet être mise en évidence dans aucun des échantillons examinés.

Les valeurs maxima du produit $H'r$, atteintes pour certains échantillons, conduisent (relation 2) à des valeurs de l'ordre de 2500 ampères pour l'intensité maxima. Il paraît possible de trouver des aciers et des conditions d'aimantation qui permettraient de déterminer les intensités de plusieurs milliers d'ampères atteintes dans des décharges de très courtes durées.

MAGNÉTISME. — *Théorie du paramagnétisme constant. Application au manganèse.* Note (¹) de M. **Louis Néel**, transmise par M. Pierre Weiss.

A plusieurs reprises (²) j'ai montré qu'une substance à *moment atomique* et à *champ moléculaire négatif* possédait, à basse température, une susceptibilité indépendante de la température. Mais, comme ces démonstrations ont été faites dans des cas trop particuliers, faisant notamment jouer aux fluctuations du champ moléculaire un rôle exagéré, je crois utile de reprendre la question d'une manière plus générale et plus rigoureuse.

Au zéro absolu, les moments atomiques s'orientent dans une position d'énergie potentielle minimum, tous parallèlement à une certaine direction : la moitié dans un sens, l'autre moitié en sens inverse. Désormais, isolons par la pensée l'une de ces moitiés et traitons-la comme une substance A, aimantée à saturation au zéro absolu. L'autre moitié constituera une substance B. Dans un champ extérieur $\vec{H}$ et à la température T, l'aimantation des deux moitiés sera représentée par les vecteurs $\vec{\sigma}_A$ et $\vec{\sigma}_B$. Ces aimantations sont liées aux champs réellement agissants $\vec{H}_A$ et $\vec{H}_B$ par les deux lois

(¹) Séance du 15 juillet 1936.

(²) Néel, *Ann. de Physique*, 17, 1932, p. 63; 5, 1936, p. 232; *J. de Physique*, 3, 1932, p. 160.

de paramagnétisme identiques :

(1) $$\vec{\sigma}_A = f\left\{\frac{\vec{H}_A}{T}\right\}, \qquad \vec{\sigma}_B = f\left\{\frac{\vec{H}_B}{T}\right\}.$$

Le champ agisssant $\vec{H}_A$ est la somme géométrique du champ extérieur $\vec{H}$, d'un champ moléculaire $n\vec{\sigma}_A$, dû à l'action sur un atome de A des autres atomes de A et d'un champ moléculaire $n'\vec{\sigma}_B$ dû à l'action des atomes de B. On a

(2) $$\vec{H}_A = \vec{H} + n\vec{\sigma}_A + n'\vec{\sigma}_B \quad \text{et} \quad \vec{H}_B = \vec{H} + n\vec{\sigma}_B + n'\vec{\sigma}_A.$$

Les coefficients n et n' sont négatifs. Les équations (1) et (2) permettent de calculer complètement les propriétés magnétiques si l'on néglige les couplages des vecteurs $\vec{\sigma}_A$ et $\vec{\sigma}_B$ avec le réseau.

Lorsque $H = 0$ et si $n - n' > 0$, les deux vecteurs $\vec{\sigma}_A$ et $\vec{\sigma}_B$ sont dirigés en sens inverses, leur intensité commune σ_T est solution de l'équation

$$\sigma_T = f\left\{\frac{(n - n')\sigma_T}{T}\right\},$$

c'est une véritable *aimantation spontanée*. La température Θ de disparition de cette aimantation spontanée est donnée par la formule $\Theta = (n - n')C$ où C est la constante de Curie des paramagnétismes des formules (1) ($\sigma_A = CH_A : T$ quand $H_A : T$ est petit). A cette aimantation spontanée est associée une énergie magnétique totale $-(n - n')\sigma_T^2$, d'où un *excès de chaleur spécifique* $-(n - n')d\sigma_T^2/dT$ avec discontinuité au point Θ.

Pour $H \neq 0$, la susceptibilité est ainsi déterminée : Si $T < \Theta$ et $H < -2n'\sigma_T$, la susceptibilité χ est *indépendante du champ et de la température*, égale à $-1/n'$. Si $T > \Theta$, χ obéit à la loi de Weiss

$$\chi = \frac{2C}{T - (n + n')C}.$$

Au point Θ, les deux droites se raccordent en formant un coude : il n'y a pas de discontinuité de χ.

Pour tous les métaux à paramagnétisme constant, à l'exception du manganèse, le point Θ est trop élevé pour être accessible expérimentalement. Montrons comment s'appliquent au manganèse les considérations précédentes. La susceptibilité de Mnα pur a été déterminée récemment par

Y. Shimizu [1]. Elle garde la valeur constante $7,53.10^{-6}$ jusqu'à 643°K. puis diminue continuellement jusqu'à la transformation $\alpha \rightarrow \beta$ à 1070°K. Dans la représentation des inverses, cette diminution peut être représentée par une droite de Weiss, d'ailleurs assez mal déterminée, avec une constante de Curie atomique $C_M = 0,68$. La chaleur spécifique vraie du manganèse a été tout récemment mesurée par Ashworth [2]; la courbe obtenue présente la même allure que la courbe de chaleur spécifique du nickel : en particulier, l'auteur trouve à 628° K. une discontinuité égale à 0,125 cal-degré. Ce phénomène, complètement inattendu, s'interprète immédiatement par la théorie précédente. En particulier, il est remarquable que la température de discontinuité de la chaleur spécifique soit, à la précision des expériences, celle où la susceptibilité commence à varier avec la température; il est également remarquable qu'au-dessous de cette température il y ait excès de chaleur spécifique alors que la susceptibilité reste rigoureusement constante : ce sont précisément les traits essentiels de la théorie.

Il reste à montrer que les ordres de grandeur prévus sont corrects. Avec la susceptibilité atomique de Mnα à basse température, on calcule $n' = -2400$. En général, suivant la nature du réseau n est compris entre 0 et $n'/2$. La complexité du réseau de Mnα ne permet pas de faire le calcul exact, mais la formule : $C_M = 2C = 2\Theta : (n - n')$ permet de calculer $C_M = 0,52$ pour $n = 0$ et $C_M = 1,04$ pour $2n = n'$ tandis que l'expérience donne 0,68. La discontinuité de chaleur spécifique, calculée dans l'hypothèse $2n = n'$, en supposant qu'en coordonnées réduites σ_T varie comme l'aimantation spontanée du nickel, est égale à 0,13. L'hypothèse $n = 0$ donne sensiblement la même valeur. L'expérience donne 0,125. L'accord entre la théorie et l'expérience est meilleur qu'on ne pouvait l'espérer.

Ces concordances donnent une base expérimentale solide à la théorie proposée du paramagnétisme constant, qui, dans sa forme primitive, reliait déjà d'une manière satisfaisante un certain nombre de phénomènes relatifs à la courbe d'énergie d'interaction en fonction de la distance [3].

---

(1) *Sc. Rep. Tôhoku Imp. Univ.*, 19, 1930, p. 411.

(2) *Proc. Phys. Soc.*, 48, 1936, p. 456.

(3) Néel, *Ann. de Physique*, 5, 1936, p. 232.

MAGNÉTISME. — *Variations du moment magnétique de l'ion cobalteux dans le chlorure anhydre et dans les systèmes de cristaux mixtes* $CoCl^2$ — $CdCl^2$ et $CoCl^2$ — $MnCl^2$. Note (¹) de MM. **G. Foëx** et **Ch. Fehrenbach**, transmise par M. Pierre Weiss.

On connaît plusieurs exemples de variation brusque du moment d'un ion se produisant à une température déterminée sans entraîner de changement discontinu de la susceptibilité magnétique (²) (phénomène des droites coudées). L'étude du chlorure de cobalt pur et en solution solide, soit dans un chlorure diamagnétique, soit dans un chlorure paramagnétique, a fourni une confirmation et des données nouvelles sur ce phénomène.

Au cours du présent travail une grande attention a été apportée à la préparation et au recuit des échantillons de manière à n'opérer que sur des produits purs et très homogènes. Les mesures ont été faites entre $-25°$ et $+600°C$; elles comportent des erreurs relatives de l'ordre du millième.

Les résultats sont représentés ci-dessous en portant en abscisses l'inverse des températures absolues et en ordonnées l'inverse du produit $\chi.T$. Dans cette représentation très sensible (³) la loi de Weiss $\chi(T-\theta)=C$ se traduit par une droite dont la pente est $-\theta/C$ et l'ordonnée à l'origine $1/C$.

I. *Chlorure de cobalt pur.* — Sel sublimé dans un courant d'azote.

Au-dessous de 409°K. ce sel obéit à la loi de Weiss avec une constante de Curie atomique $C_1 = 3{,}345$ et un θ voisin de 30°K. Au-dessus de 409° il se présente sous un autre état magnétique caractérisé par une constante de Curie $C_2 = 3{,}101$ et un θ voisin de 60°K. (*fig.* 1).

Les moments correspondants sont 25,67 et 24,70 magnétons de Weiss; leur différence est de 1 magnéton. Ces deux états sont bien reproductibles et les deux droites sont entièrement réversibles. D'un échantillon à l'autre les moments restent fixes tandis que les points de Curie sont soumis à des fluctuations de quelques degrés. La température du coude est, par contre, bien définie.

Cristaux mixtes chlorure de cobalt-chlorure de cadmium. — Dans tous les cristaux étudiés, c'est-à-dire jusqu'à une concentration moléculaire de 4,75 pour 100 en chlorure de cobalt, l'allure des phénomènes reste la

(¹) Séance du 15 juillet 1936.
(²) G. Foëx, *J. Phys. Rad.*, 7ᵉ série, 4, 1933, p. 517.
(³) P. Weiss, *J. Phys. Rad.*, 7ᵉ série, 1, 1930, p. 1.

même : la droite coudée existe comme dans le cas du chlorure pur (*fig.* 2); la variation du moment reste égale à un magnéton; elle se produit toujours à la même température voisine de 410°K.

Le coude met en évidence une transformation de nature très particulière au cours de laquelle la dérivée du coefficient d'aimantation varie de façon discontinue sans que cette quantité elle-même subisse une variation

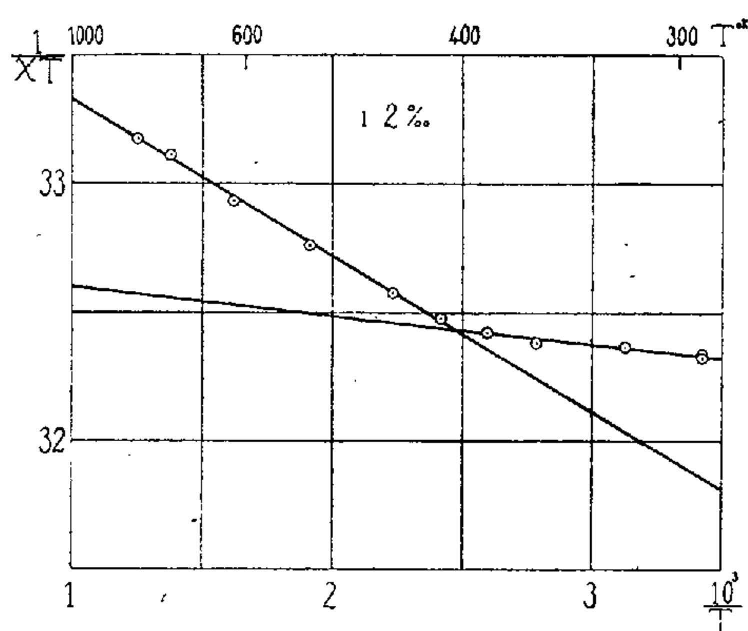


Fig. 1.

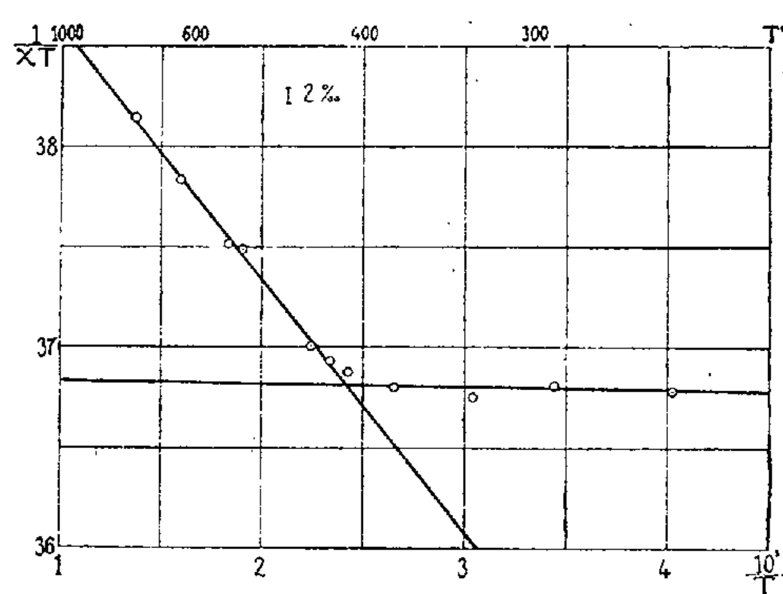


Fig. 2.

brusque. Cette transformation n'est aucunement influencée par la dilution plus ou moins grande des atomes magnétiques dans un milieu neutre.

Chacun des deux moments du chlorure de cobalt augmente régulièrement avec la dilution, l'augmentation totale est de 1,07 magnéton.

La différence des deux θ, comme celle des moments, reste pratiquement indépendante de la dilution.

Cristaux mixtes chlorure de cobalt-chlorure de manganèse. — Malgré la présence d'autres atomes magnétiques les propriétés de l'ion cobalt restent exactement les mêmes que dans le système précédent. Le coude se produit toujours à la même température et toujours avec un saut de un magnéton. La variation du moment et celle de θ avec la dilution restent les mêmes que dans le système précédent.

De cette étude se dégagent donc les conclusions suivantes :

1° L'existence d'une variation très brusque du moment se traduisant dans la représentation graphique par une droite coudée, se trouve démontrée dans de très bonnes conditions expérimentales. En particulier le caractère rectiligne du graphique relatif aux températures élevées a été contrôlé au millième près sur un intervalle de température de 450°.

2° Les caractéristiques du coude (température de transition et variation du moment) ne dépendent ni de la dilution ni de la nature des voisins.

3° Dans les deux séries étudiées la variation du moment est exactement égale à un magnéton de Weiss. Toutes les questions se rattachant à la signification de ce magnéton se trouvent ainsi posées à nouveau.

SPECTROSCOPIE. — *Spectres d'absorption dans le proche infrarouge de dérivés de l'aniline.* Note (1) de Mme **Marie Freymann**, MM. **René Freymann** et **Paul Rumpf**, présentée par M. Georges Urbain.

Les spectres d'absorption de dérivés de l'aniline, entre $0^{\mu},8$ et $1^{\mu},2$, ont été étudiés à l'aide du spectromètre enregistreur décrit antérieurement (2); le tableau I rassemble les résultats obtenus, d'une part pour les substances pures (liquides ou fondues), d'autre part pour les mêmes substances dissoutes dans le tétrachlorure de carbone (concentration N/2). Les bandes caractéristiques des oscillations (CH =) ou (CH) n'ont pas été portées dans ce tableau.

1° Toutes les substances examinées présentent deux bandes caractéristiques de l'oscillation (NH); la composante située vers les basses fréquences est la plus intense. D'après les schémas de Cabannes (3) et Kohlrausch (4), ces bandes correspondent aux oscillations symétriques et antisymétriques de NH^2; il est remarquable que l'*intervalle* $\delta\nu$ qui les sépare *reste sensiblement constant* pour les divers dérivés étudiés, purs ou dissous : 300 cm^{-1} environ (5).

D'autre part, en première approximation, la position des composantes de la bande (NH) varie peu pour les divers dérivés étudiés; ces résultats confirment que l'étude du spectre infrarouge permet une distinction entre les amines aromatiques et grasses (Mme Freymann, *loc. cit.*).

2° Par dilution des substances dans le tétrachlorure de carbone, toutes les bandes se déplacent vers les fréquences élevées; un déplacement de même sens se produit quand la température s'élève (cas examinés : aniline et para-

(1) Séance du 20 juillet 1936.

(2) R. Freymann, *Ann. Phys.*, 20, 1933, p. 243; R. Freymann et A. Naherniac, *Journ. Phys.*, 7, 1934, p. 75.

(3) J. Cabannes et A. Rousset, *Ann. Phys.*, 19, 1933, p. 270.

(4) *Der Smekal-Raman Effect*, p. 189.

(5) Mme M. Freymann, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1674.

bromaniline). Cet effet correspond à une *diminution des interactions moléculaires*.

3° Il résulte de l'examen des tableaux I et II que l'influence des groupements NH^2 et X se traduit par un déplacement des bandes (NH) vers les fréquences élevées; *cette influence, très marquée en ortho, est plus faible en méta et encore plus faible en para*. Cet effet du second ordre est général pour les solutions dans le tétrachlorure de carbone; s'il y a exception pour certains composés para à l'état pur, il faut vraisemblablement l'attribuer à la température élevée que nécessite la fusion.

4° Si l'on compare les composés ortho, méta, ou para substitués : toluidine, iodaniline, bromaniline, chloraniline, purs ou dissous, on observe un déplacement croissant vers les fréquences élevées (tableau II), déplacement qui semble *lié au moment électrique de* C — X (et non à la masse de X). Ces faits sont analogues à ceux qui ont été observés pour la bande (CH =) des dérivés du benzène (R. Freymann, *loc. cit.*).

Tableau I.

		Liquides purs.			Solution N/2 dans CCl^4.		
				δν.			δν.
Aniline (19°C.).	λ......	10289	9999				
	ν......	9719	10001	282			
Aniline (66°C.).	λ......	10276	9973		10212	9915	
	ν......	9732	10027	295	9792	10086	294
Aniline (104°C.).	λ......	10270	9952		Aniline sol. N/2.		
	ν......	9737	10048	311			
Orthotoluidine (liq.).	λ......	10264	9934		10205	–	
	ν......	9743	10067	324	9799	–	
Métatoluidine (liq.).	λ......	10283	9947		10205	–	
	ν......	9725	10053	328	9799	–	
Paratoluidine (75°C.).	λ......	10289	9965		10225	–	
	ν......	9719	10035	316	9780	–	
Orthoiodaniline.	λ......	–	–		10192	–	
	ν......	–	–		9811	–	
Métaiodaniline.	λ......	–	–		10192	–	
	ν......	–	–		9811	–	
Paraiodaniline.	λ......	–	–		10192	–	
	ν......	–	–		9811	–	
Orthobromaniline (34°C.).	λ......	10253	9934		10187	9876	
	ν......	9753	10066	313	9816	10126	310
Métabromaniline (liq.).	λ......	10270	9966		10187	9876	
	ν......	9737	10034	297	9816	10126	310

TABLEAU I (*suite*).

		Liquides purs.			Solution N/2 dans CCl^4.		
Parabromaniline (72° C.).	λ......	10263	9954	δν.	10194	9882	δν.
	ν......	9743	10046	303	9809	10120	311
Parabromaniline (139° C.).	λ......	10244	9934		—	—	
	ν......	9763	10067	304	—	—	
Orthochloraniline (liq.).	λ......	10244	9947		10181	9863	
	ν......	9763	10053	290	9822	10139	317
Métachloraniline (liq.).	λ......	10257	9947		10181	9869	
	ν......	9749	10053	304	9822	10133	311
Parachloraniline (110° C.).	λ......	10240	9921		10192	9876	
	ν......	9765	10079	314	9811	10126	315
Xylidine CH^3; CH^3; NH^2 1.3.4.	λ......	10289	9999		—	—	
	ν......	9719	10001	282	—	—	
Xylidine 1.4.5.	λ......	10283	9986		—	—	
	ν......	9725	10015	290	—	—	
Xylidine 1.3.2.	λ......	10231	9947		—	—	
	ν......	9774	10053	279	—	—	
Dibromaniline (120° C.) NH^2; Br; Br 1.2.4.	λ......	10238	9928		10181	9863	
	ν......	9767	10072	305	9822	10139	317
Dibromaniline NH^2; Br; Br 1.3.5.	λ......	—	—		10162	—	
	ν......	—	—		9841	—	
Dibromaniline NH^2; Br; Br 1.2.6	λ......	—	—		10181	9889	
	ν......	—	—		9822	10113	291
Tribromaniline (150° C.) 1.2.4.6.	λ......	10231	9928		—	—	
	ν......	9774	10072	298	—	—	

TABLEAU II. — *Déplacements en* cm^{-1} *par rapport à la bande* (NH) *de l'aniline.*

	Aniline.	NH^2. *Ortho.*				NH^2. *Méta.*				NH^2. *Para.*			
		CH^3.	I.	Br.	Cl.	CH^3.	I.	Br.	Cl.	CH^3.	I.	Br.	Cl.
Corps pur............	0	24	—	34	44	6	—	18	30	0	—	24	46
Solutions N/2 dans CCl^4.	0	7	19	24	30	7	19	24	30	−12	19	17	19

OPTIQUE. — *Spectropolarimètre pour la région de Schumann.* Note de M. **Roger Servant**, transmise par M. Aimé Cotton.

J'ai décrit [1] un dispositif polarimétrique nouveau à miroirs et réseau métalliques permettant les mesures jusqu'à 1850 Å. Ainsi que je

[1] *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 476.

l'annonçais, j'ai cherché à modifier l'appareil en plaçant le montage dans le vide afin de pouvoir employer des radiations de plus petites longueurs d'onde. Voici quelques indications sur cet appareil (qui sera décrit ailleurs) qui a été très habilement construit, au Laboratoire même, par M. Entressengles.

L'enceinte étanche est constituée par des tubes en cuivre rouge disposés horizontalement sur un bâti rigide en forme de Z et reliés entre eux (à l'endroit des coudes) par des tourelles verticales de même métal auxquelles ils sont vissés et soudés. On a constitué avec des tubes flexibles en tombac des liaisons souples permettant de faire varier les angles de raccordement. Chaque miroir peut être manœuvré de l'extérieur par un système de rodages, vis, écrous et ressorts. L'appareil est muni d'un tube à décharge pour le contrôle du vide et de regards pour les réglages, son support est muni de vis calantes, il se relie par un tube en tombac et un rodage plan à un spectrographe à vide L. et E. Bloch.

L'expérience a montré que, malgré la longueur du trajet et les réflexions multiples imposées à la lumière, on avait encore des clichés bien impressionnés dans la région de Schumann. En utilisant comme source de lumière une ampoule à électrodes de tungstène du type que j'ai déjà décrit ([1]), on obtient commodément des clichés allant jusqu'à 1300 Å, limite pratiquement imposée par la fenêtre de fluorine de l'ampoule.

OPTIQUE. — *Influences de la lumière elliptique et de l'orientation du polariseur dans les comparaisons de pouvoirs réflecteurs au microscope.* Note ([2]) de M. **Léon Capdecomme**, présentée par M. Aimé Cotton.

Les mesures de pouvoirs réflecteurs sur les surfaces anisotropes supposent l'emploi de lumière incidente rectilignement polarisée. Les observations microscopiques en nicols croisés montrent cependant des extinctions imparfaites tenant : 1° à la lumière elliptique produite par l'illuminateur; 2° aux rotations du plan de vibration dans les réflexions obliques devant l'objectif; 3° à la lumière diffusée par les surfaces optiques. Nous étudierons seulement dans cette Note les conditions de réflexion dans l'illuminateur et le réglage du polariseur.

Conditions de la réflexion. — La nécessité d'effectuer à volonté les

---

([1]) *Revue d'optique théorique et instrumentale*, 14, 1935, p. 293.

([2]) Séance du 20 juillet 1936.

mesures en lumière naturelle ou en lumière rectilignement polarisée, nous a fait adopter le prisme à réflexion totale plutôt que la lame de verre ou le miroir métallique. Ces derniers, avec un pouvoir réflecteur plus petit, polariseraient partiellement la lumière naturelle.

a. On sait que la différence φ entre les phases des vibrations situées dans le plan d'incidence et perpendiculaires à ce plan, l'ellipticité $\operatorname{tg}\psi$ de la vibration réfléchie correspondant à une vibration incidente rectiligne qui fait l'angle ε avec le plan d'incidence, l'inclinaison α du grand axe de l'ellipse sur le plan d'incidence, sont données respectivement par

$$(1)\qquad \cot\frac{\varphi}{2}=\frac{n\sin^2 i}{\cos i\sqrt{n^2\sin^2 i-1}};$$

$$(2)\qquad \sin 2\psi=\sin 2\varepsilon.\sin\varphi;$$

$$(3)\qquad \sin 2\alpha=\frac{\operatorname{tg} 2\psi}{\operatorname{tg}\varphi},$$

n étant l'indice de réfraction du prisme, i l'angle d'incidence.

b. Chaque élément de la face hypoténuse réfléchit un faisceau conique s'appuyant sur l'image du diaphragme oculaire. Les rayons font un angle faible (4° au maximum dans notre microscope) avec le rayon moyen dont l'angle d'incidence est 45° (à 1° près).

Or la formule (1) montre que le décalage φ est voisin d'un maximum pour l'incidence 45°; φ *est donc sensiblement le même pour tous les rayons du faisceau réfléchi* (48° environ pour notre prisme).

Remarque. — Le maximum de φ serait atteint pour l'incidence 45° avec un prisme d'indice $\sqrt{3}$. On peut ainsi réaliser une *compensation* excellente, même *en lumière blanche* avec un illuminateur à deux prismes identiques croisés; la position du polariseur devient indifférente.

c. Le plan de polarisation du faisceau incident, faisant l'angle ε_0 avec le plan d'incidence du rayon moyen, fait l'angle $\varepsilon=\varepsilon_0+\theta$ avec tout plan d'incidence incliné de θ sur le rayon moyen (θ est compté positivement dans le même sens que ε_0). Or θ ne peut dépasser quelques degrés, ε_0 peut être rendu très petit par rotation du polariseur; les équations (2) et (3) donnent ainsi : $\operatorname{tang}\psi=\varepsilon\sin\varphi$, d'où $\alpha=\varepsilon\cos\varphi$. L'angle du grand axe de l'ellipse avec la vibration incidente est donc $\varepsilon-\alpha=\varepsilon(1-\cos\varphi)$.

On calcule que le rapport r entre l'énergie lumineuse transmise normalement au plan de polarisation de la lumière incidente, et l'énergie incidente est, pour un élément du faisceau : $2(\varepsilon_0+\theta)^2\,(1-\cos\varphi)$. L'intégra-

tion pour tout le faisceau conique d'angle au sommet $2\theta_0$ donne :

$$r = 2(1-\cos\varphi)\left(\varepsilon_0^2 + \frac{\theta_0^2}{4}\right). \tag{4}$$

On aurait obtenu le même résultat pour des vibrations, incidente faisant le petit angle ε_0 avec la perpendiculaire au plan d'incidence moyen.

La lumière elliptique est réduite au minimum quand le polariseur est orienté de façon que la vibration incidente soit parallèle au plan d'incidence moyen ou normale à ce plan (ε_0 *très petit*).

Choix du plan de polarisation. — La condition précédente ne le définit qu'à $\pi/2$ près. M. Orcel a justement indiqué dans une publication récente que les résultats des mesures peuvent varier, dans certaines conditions, suivant qu'on adopte l'un ou l'autre des azimuts.

On démontre aisément que si l'on emploie une ouverture demi-circulaire, *les énergies réfléchies* respectivement dans les plans d'incidence et normalement à ces plans sont égales. La position du polariseur est donc indifférente et le pouvoir réflecteur mesuré R est moyenne arithmétique des pouvoirs réflecteurs $R\parallel$ et $R\perp$ relatifs respectivement aux vibrations dans le plan d'incidence et normales à ce plan.

Si la condition de symétrie n'est pas remplie, la position du polariseur peut rapprocher R soit de $R\parallel$, soit de $R\perp$. Le phénomène, peu sensible pour les objectifs faiblement convergents ($R\parallel$ et $R\perp$ sont alors très voisins de R), peut atteindre plusieurs centièmes pour les autres objectifs, surtout dans le cas de surfaces transparentes ou semi-transparentes. Nous traiterons ailleurs cette question avec plus de détails.

Conclusions pratiques. — Dans notre illuminateur, n est égal à 1,56, $(1-\cos\varphi)$ est donc voisin de 0,35, $\theta_0^2/4$ est au maximum de l'ordre de 1/900 ($\theta_0 = 4^\circ$). Si l'on tolère 1/400 pour la proportion r de lumière dépolarisée par réflexion totale, la formule montre qu'on peut admettre $\varepsilon_0 = \pm 3^\circ$. *C'est très aisément que la position du polariseur pourra être fixée avec cette précision.*

On fera commodément le réglage en utilisant l'analyseur du microscope et en réalisant par tâtonnements successifs le minimum d'éclairement du champ avec un objectif peu convergent. On pourra employer la grande sensibilité différentielle du photomètre à l'appréciation de ce minimum. Il est possible, ainsi, de réduire sans difficulté à moins de 1/200 la lumière transmise irrégulièrement, en nicols croisés, pour les diverses causes indiquées au début.

Avant les mesures, nous nous astreignons, en outre, *à régler la symétrie des diaphragmes* en la vérifiant, avec un objectif très convergent, par l'identité des rapports de pouvoirs réflecteurs obtenus pour les deux positions rectangulaires du polariseur. Dans les procédés où cette symétrie n'est pas réalisable (diaphragmes à fente), on doit recourir à la moyenne des résultats obtenus pour les deux positions du plan de polarisation.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la formation des alcoolats métalliques.* Note [1] de M. **Pierre Brun**, présentée par M. Georges Urbain.

Étudiant [2] les organomagnésiens mixtes de Grignard, nous avons montré que la dissolution du magnésium dans la solution éthérée s'accompagne des mêmes phénomènes électriques que la dissolution d'un métal dans une solution acide. Une confirmation de ce fait vient de nous être apportée par M. Duval [3], qui a isolé et caractérisé les ions qui existent dans les solutions magnésiennes.

Nous avons songé à appliquer la même méthode à l'étude de la formation des alcoolats que l'on peut obtenir par simple dissolution du métal, ou de son amalgame, dans un alcool. Ce phénomène a été étudié, l'an dernier, par Szper et ses élèves [4], qui ont mesuré la vitesse de dissolution des métaux alcalins dans les alcools en notant, de 5 en 5 minutes, les volumes de gaz dégagés. Nous avons donc pensé que, au moyen d'une méthode électrique, il serait possible de suivre de plus près le phénomène, les variations d'intensité du courant pouvant être notées presque de seconde en seconde. On sait en effet, depuis les premiers travaux de Hägglung [5] jusqu'à ceux de Eileen White [6], que les alcools en général et les solutions d'alcoolats en particulier sont nettement ionisés, nettement conducteurs.

Nous avons pris le même montage que précédemment : une électrode de platine et une électrode du métal étudié sont reliées à un galvanomètre de sensibilité moyenne (10^{-8} ampères suffisent comme sensibilité). On remplit d'abord la cellule d'éther séché sur le sodium : il n'y a pas d'attaque, pas

(1) Séance du 15 juillet 1936.
(2) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1392.
(3) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1184.
(4) *J. Ch. Phys.*, 32, VII, 1935, p. 447.
(5) *J. Ch. Phys.*, 10, 1912, p. 210.
(6) *J. Am. Chem. Soc.*, A, 1928, p. 1413.

d'action chimique, et pas de courant sensible au galvanomètre. Si nous ajoutons lentement de l'alcool (séché et distillé sur la chaux vive, suivant la méthode classique, jusqu'à l'obtention d'un produit parfaitement anhydre), nous constatons, en même temps que l'attaque du métal, l'apparition d'un courant électrique entre les électrodes, courant dont l'intensité varie avec la concentration en alcool. Pour un même alcool le potassium donne une attaque plus vive que le sodium et un courant électrique plus intense; pour un même métal la réaction sur l'alcool méthylique est plus vive que sur l'alcool éthylique. Avec une concentration d'une molécule d'alcool par litre d'éther, les courants observés sont de l'ordre de 50×10^{-8} ampères. Si l'on fait agir le magnésium, l'attaque étant plus difficile, il faut des concentrations cinq fois plus fortes pour avoir la même intensité de courant.

Pour étudier l'action de l'amalgame nous l'avons préparé dans la cellule même, en électrolysant une solution diluée (une molécule dans 4000^{cm^3} environ) d'alcoolat dans l'alcool absolu, avec des électrodes de mercure. Après avoir fait passer le courant (deux à trois volts suffisent à produire une formation nette d'amalgame à la cathode) pendant une demi-heure, si nous relions cette cathode amalgamée, et une électrode de mercure neuf, à un électromètre à quadrant, nous constatons, en circuit ouvert, l'existence entre les bornes, d'une force électromotrice de sens inverse de celle que nous avions fait agir pour former l'amalgame, et nous enregistrons au galvanomètre un courant de décharge. La capacité d'un élément ainsi constitué étant très faible, l'intensité de ce courant tombe très vite, la courbe des variations de l'intensité en fonction du temps tendant asymptotiquement vers zéro. D'une intensité de l'ordre de 0,1 milliampère au début, le courant n'est plus que de 0,01 microampère au bout de 1 heure.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'obtention, par rencontre d'ondes de choc, du spectre du calcium ionisé.* Note [1] de MM. **Henri Muraour** et **Albert Michel-Lévy**, présentée par M. Georges Urbain.

Nous avons précédemment montré :

1° Que les fortes luminosités qui accompagnent la détonation des explosifs brisants ont pour origine principale l'onde de choc qui se propage dans le milieu environnant et non les gaz chauds émis par l'explosif.

---

(1) Séance du 15 juillet 1936.

2° Que le maximum de luminosité s'obtient en provoquant des rencontres d'ondes de choc dans un gaz de faible chaleur spécifique et de densité élevée. (Nous avons choisi l'argon dont il est facile de se procurer d'importantes quantités, mais il y aurait théoriquement avantage à opérer dans le krypton et surtout dans le xénon.)

3° Qu'en provoquant la rencontre des ondes de choc dans de l'argon contenant en suspension un métal ou un composé métallique à l'état finement divisé, il est possible d'obtenir, avec une seule détonation, des spectres renfermant de nombreuses raies métalliques et, en particulier, des raies d'étincelle.

Dans le but de montrer la différence fondamentale qui existe entre les spectres ainsi obtenus et les spectres de flammes d'explosifs nous avons enregistré sur une même plaque :

a. Un spectre de référence obtenu en faisant brûler sur une plaque de verre, devant la fente du spectographe (Hilger petit modèle) un mélange d'hexogène (dérivé nitré de l'hexaméthylenetétramine) et d'oxalate de calcium [1].

b. Le spectre obtenu en provoquant une rencontre d'ondes de choc dans de l'argon dans lequel on avait préalablement fait brûler de l'azoture de calcium [2].

L'examen des spectres ainsi obtenus, figure 1, *montre que le spectre d'ondes de choc, au centre, est totalement différent du spectre de flamme qui l'encadre*. On remarquera, en particulier : *a*, que dans le spectre de référence la raie de flamme 4226, calcium non ionisé, est très intense, les deux raies H et K (3968 et 3933) du calcium ionisé, très faibles, les autres raies du calcium ionisé étant absentes. On distingue dans ce spectre les bandes caractéristiques de la vapeur d'eau (OH). *b*, que dans le spectre obtenu par rencontre d'ondes de choc les deux raies H et K sont plus intenses que la raie 4226 Å. On distingue en outre dans ce spectre les doublets, très

---

(1) L'hexogène a été choisi parce qu'il brûle avec une flamme bleuâtre très chaude (un fil de platine y fond immédiatement).

(2) En vue de supprimer autant que possible les bandes, très gênantes, du cyanogène, les ondes de choc ont été créées en faisant détoner dans le dispositif déjà décrit (*Comptes rendus*, 202, 1936, p. 949 et *Journal de Physique*, 7e série, 6, 1935, p. 496) de la tétranitropentaérythrite, explosif non volatil, aux lieu et place du mélange de tétranitrométhane et de toluène.

Pour éviter un fond continu trop intense, on a visé avec la fente horizontale du spectrographe un point situé à 56mm au-dessus de la surface de l'explosif et non le maximum de luminosité situé à environ 20mm.

intenses, 3737-3706 et 3179-3159 du calcium ionisé. Les bandes OH sont absentes.

Il est important de noter que le spectre de référence a été obtenu avec un temps de pose voisin de 4 secondes, le spectre central avec une seule

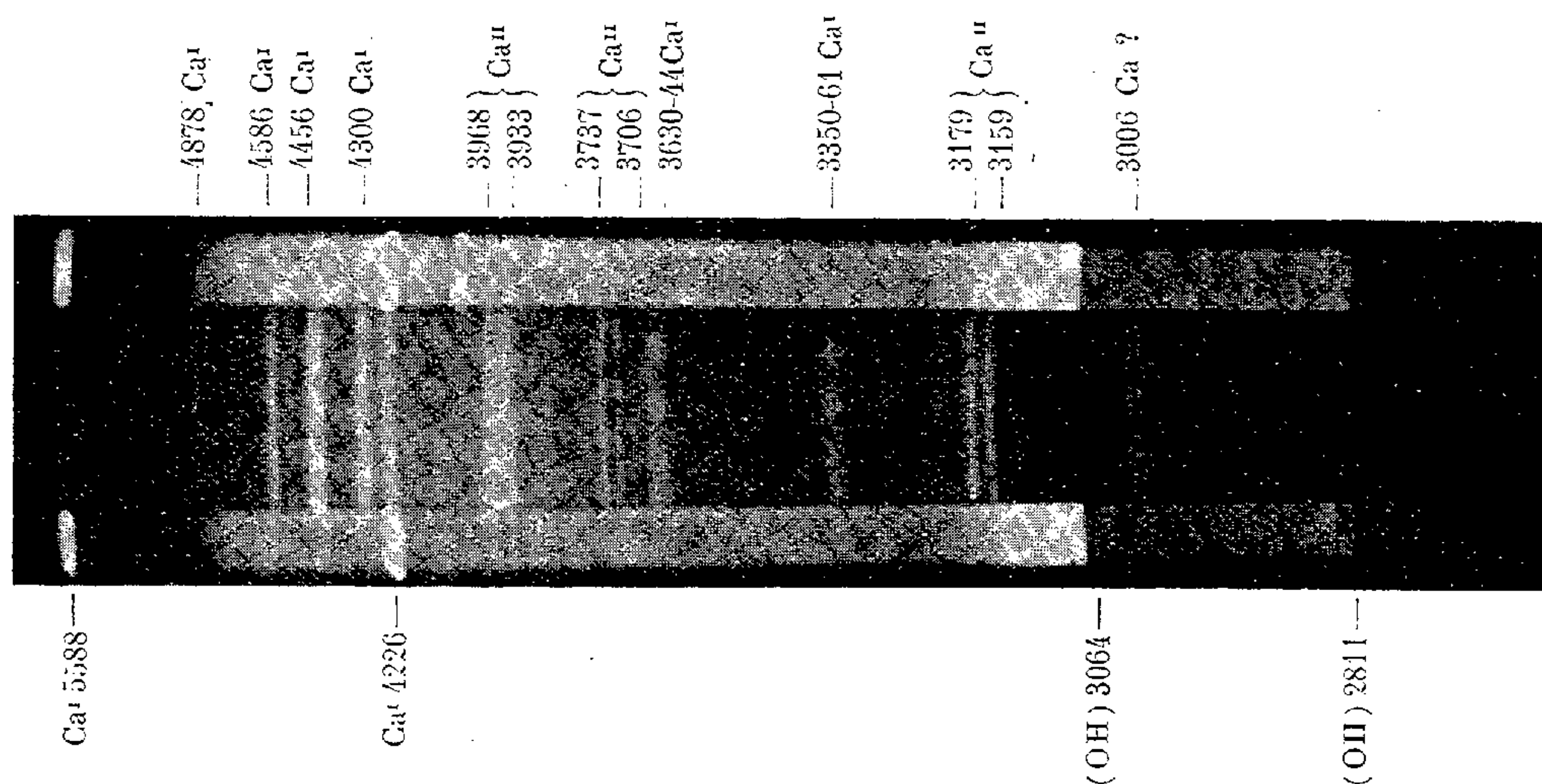


Fig. 1. — Spectre de référence : combustion d'héxogène (dérivé nitré de l'hexaméthylènetétramine) additionné d'oxalate de calcium. Au centre : rencontre d'ondes de choc dans l'argon contenant du calcium en suspension.

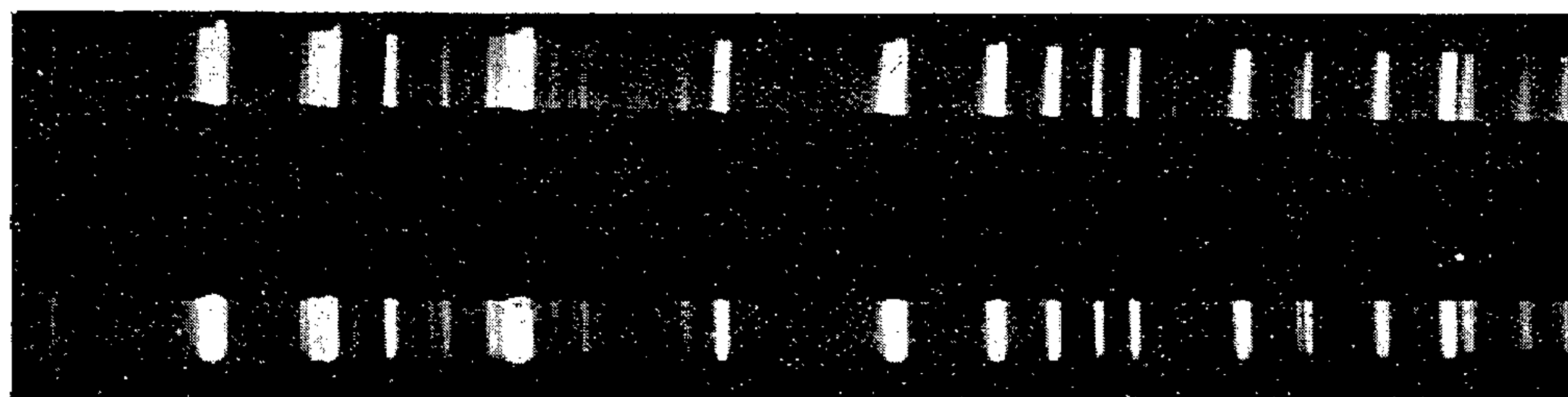


Fig. 2. — Spectre de référence : arc au mercure. Au centre : rencontre d'ondes de choc dans de l'hélium contenant du calcium en suspension.

détonation, soit avec un temps de pose d'environ 4 millionièmes de seconde. Le temps de pose a donc été 1 *million de fois plus faible* pour le spectre central que pour le spectre de référence.

D'après nos résultats antérieurs, si l'on substitue l'hélium à l'argon, on doit observer, par suite de la grande différence de densité qui existe entre les deux gaz de même chaleur spécifique, une chute considérable de la

luminosité. Le spectre n° 2 obtenu dans ces conditions montre que cette prévision a été vérifiée. Ce résultat est en accord avec la théorie formulée récemment par M. Jouguet [1].

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Dosage rapide de l'oxygène dans les atmosphères gazeuses.* Note de MM. **André Kling** et **Maurice Claraz**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Les solutions titrées de sels ferreux, lorsqu'elles ont été rendues franchement acides par addition d'acide tartrique, sont relativement peu sensibles à l'action de l'air et, grâce à quelques précautions, leur pouvoir réducteur peut être maintenu assez constant. Par contre, lorsqu'on les alcalinise, leur oxydabilité s'accroît considérablement. Elles représentent donc des solutions dont on peut maintenir le titre, tant qu'elles ont une réaction acide, mais qui deviennent aptes à fixer activement l'oxygène lorsqu'on les rend alcalines.

Ces propriétés permettent de les utiliser pour le dosage de l'oxygène dans les mélanges gazeux qui le contiennent. Lorsque, dans une de ces solutions ferrosotartriques alcalines, on fait barboter un mélange gazeux contenant de l'oxygène, l'oxydation du fer est conditionnée par un certain nombre de facteurs : concentration du mélange gazeux en oxygène, vitesse de passage du gaz dans le réactif, concentration de ce dernier en agent réducteur, etc. Au temps zéro, la concentration en agent réducteur est maxima, donc la fixation de l'oxygène l'est également, et c'est à ce moment que, toutes choses égales d'ailleurs, la fraction d'oxygène abandonnée au réactif par le courant gazeux possède la valeur la plus grande. A mesure que le réactif s'appauvrit en sel ferreux, la valeur de cette fraction s'abaisse; en sorte qu'au cours du barbotage d'un mélange gazeux oxygéné, homogène, dans un volume donné du réactif ferrotartrique alcalin, à un poids constant de fer ferreux passant à l'état ferrique, correspondent des volumes de ce mélange qui iront en croissant progressivement. Aussi, pour apprécier

---

(1) *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 796-1225-1320. La théorie de M. Jouguet prévoit également que, par suite de l'influence prépondérante de la densité, la température dans l'onde doit être plus élevée dans l'acide carbonique que dans l'hydrogène. En accord avec cette théorie, nous avons constaté une luminosité plus forte dans CO^2 que dans H^2. Le fait, déjà signalé, que l'onde est plus lumineuse dans l'azote que dans l'acide carbonique est également en accord avec cette théorie.

avec une exactitude suffisante le volume d'oxygène qui est fixé par le réactif, est-il nécessaire d'utiliser à cet effet des solutions dont la concentration en sel ferreux est appropriée aux teneurs en oxygène des mélanges à analyser. Il est également important d'effectuer la mesure avant que le réactif ne se soit trop sensiblement appauvri en sel ferreux, c'est-à-dire avant que le rapport sel ferreux/sel ferrique (1) n'ait pris une valeur trop faible.

La détermination de cette valeur du rapport (1) peut précisément être utilisée pour mesurer la quantité d'oxygène fixée sur le réactif et, par voie de conséquence, pour apprécier quelle était la quantité d'oxygène contenue dans le volume gazeux ayant barboté dans le réactif.

En effet, le réactif ferroso-tartrique constitue un système *rédox* dont, par définition, le rH, potentiel d'oxydoréduction, exprime la valeur prise par le rapport (1). Dans le cas présent les valeurs de ce rapport varient de 0 (sel ferreux pur) à 28 (sel ferrique pur). Mais, parmi ces valeurs que peut prendre le rH, il en est une voisine de 14,2 (dans un milieu de $pH = 7$) pour laquelle le bleu de méthylène, incolore tant que le rH du milieu est inférieur à cette valeur 14,2, vire au bleu dès qu'elle est atteinte, résultat obtenu lorsque la moitié, environ, du sel ferreux du réactif a été transformée en sel ferrique.

Pour effectuer un dosage d'oxygène au moyen de la solution ferro-tartrique, on prépare séparément :

1° Une liqueur ferreuse A contenant, par litre : sulfate ferreux ammoniacal (sel de Mohr), 2^g; acide tartrique, 20^g; bleu de méthylène, quantité suffisante pour coloration.

2° Une solution normale de soude (B).

Dans un barboteur de forme et de dimensions convenables, on introduit, exactement mesurés, 5^{cm^3} de la solution A, puis 5^{cm^3} de la solution de soude. On fait passer le mélange gazeux dans le réactif, à raison de 3 à 4 bulles par seconde, environ, en utilisant un aspirateur à eau. Le débit du courant gazeux est réglé à valeur fixe, au moyen d'un débitomètre intercalé entre le barboteur et l'aspirateur. Le volume du gaz ayant traversé les 10^{cm^3} du réactif est fourni par la mesure du volume de liquide écoulé de l'aspirateur. Le barbotage est poursuivi jusqu'au moment où la coloration bleue apparaît dans le liquide réactif. A ce moment on note le volume de gaz qui a été nécessaire pour obtenir ce résultat. Pour en déduire le pourcentage, en volume, d'oxygène contenu dans le mélange gazeux, on se rapporte à une courbe d'étalonnage de l'appareil qu'on aura établie, au préalable, à l'aide de mélanges gazeux de titres connus en oxygène.

Appliquée à des mélanges d'air et d'azote, dans lesquels la teneur en oxygène a varié de 13 à 21 pour 100 (en volume), nous avons reconnu,

par un grand nombre d'essais, que cette teneur pourrait y être évaluée à moins de 0,5 pour 100 près.

Au début d'une série de mesures, on vérifiera le titre de la solution ferreuse en effectuant un dosage portant sur de l'air prélevé à l'extérieur. Dans le cas où le titre de cette solution aurait baissé, on pourra, ainsi que nous l'avons constaté, tout au moins en ce qui concerne les mélanges dont le taux en oxygène est compris entre 13 et 21 pour 100, corriger les résultats. A cet effet, on ajoutera à chacun d'eux la différence des valeurs trouvées en opérant : 1° avec l'air de l'extérieur, au moment où la courbe d'étalonnage avait été établie avec le réactif frais; 2° avec le réactif vieilli et de l'air prélevé au dehors.

La substitution, dans un même appareil, d'un barboteur à un autre, provenant d'un même lot, n'influe pas sensiblement sur la valeur des résultats numériques obtenus.

CHIMIE MINÉRALE. — *Étude de la chlorhydrine molybdique et du molybdate normal du glycol.* Note (1) de M. **Jean Byé**.

L'acide molybdique jaune se dissout très facilement dans l'acide chlorhydrique concentré. Cette solubililé est limitée par l'hydrolyse réversible de la chlorhydrine molybdique



$$MoO^3, 2HCl + 2H^2O \rightleftharpoons MoO^3, 2H^2O + 2HCl.$$

Si a, x, b, y sont les concentrations de l'eau et de l'acide chlorhydrique en molécules par litre, de l'acide jaune et de la chlorhydrine en demi-molécules, on doit avoir $bx^2 = ka^2y$.

Or b est constant, le liquide étant en équilibre avec le solide. D'autre part la quantité d'acide molybdique non engagé à l'état de chlorhydrine est sensiblement constante et égale à la solubilité s_0 dans l'eau pure. Dans ces conditions, si s est la solubilité de l'acide jaune en demi-molécules par litre, et c la normalité de la solution par rapport à HCl, on a

$$y = s - s_0, \qquad x = c - y, \qquad x^2 = k' a^2 y,$$

et par suite, entre les grandeurs c et s,

$$\frac{(c - s + s_0)^2}{s - s_0} = k' a^2 = \mathrm{K},$$

(1) Séance du 15 juillet 1936.

K étant constant pour autant que a l'est, c'est-à-dire en solution diluée.

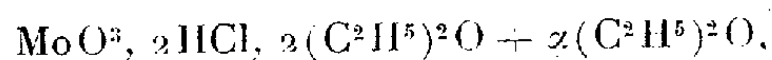
Pour déterminer la solubilité, l'acide jaune a été maintenu pendant 40 jours au contact de l'acide chlorhydrique, le tout étant agité de temps en temps. Les deux acides ont été dosés séparément et, à titre de contrôle, la somme des deux a été vérifiée acidimétriquement. Il faut employer un excès de soude que l'on titre en retour, car dans le dosage direct il se forme des acides polymolybdiques à hydrolyse lente; ce phénomène donne lieu à des virages fugitifs dont la disparition est de plus en plus lente et le titrage dure plusieurs heures. Le tableau suivant résume les résultats des expériences :

Température.....	27	27	27	27	22	27
c(HCl)..........	0,0	0,98	1,78	2,84	3,95	5,1
$s(MoO^3)$........	0,031	0,09	0,22	0,50	1,02	2,6
K..............	14,4	13,4	12	8,7	2,4	

On voit par là que la loi est sensiblement suivie jusqu'à $c = 3$. La décroissance de K est bien expliquée par $K = k'a^2$, mais elle est plus rapide que ne le voudrait la théorie, surtout en solution concentrée. L'existence en solution des hydrates de l'acide chlorhydrique explique qualitativement ce fait, car la formation de ces hydrates diminue la concentration réelle de l'eau.

Produit d'addition de la chlorhydrine molybdique et de l'éther. — L'extraction à l'éther des solutions chlorhydriques a déjà fourni à Péchard (¹) un produit cristallisé dont j'ai déterminé la composition. L'acide molybdique ou un molybdate alcalin très acide, soigneusement débarrassé de l'acide nitrique qu'il renferme, est dissous dans une fois et demie son poids d'acide chlorhydrique ($d = 1,19$). On extrait deux fois à l'éther; après dessiccation sur le chlorure de calcium, on évapore l'éther sous le vide.

L'analyse du produit donne des résultats légèrement variables; le rapport de l'acide chlorhydrique à l'acide molybdique est constant et correspond à la chlorhydrine molybdique, mais la quantité d'éther varie légèrement. La composition est représentable par la formule brute :



$$MoO^3, 2HCl, 2(C^2H^5)^2O + \alpha(C^2H^5)^2O,$$

α correspondant à 3 à 4 pour 100 d'éther interposé. Si l'on essaie d'enlever cet éther sous le vide, la perte de poids ne s'arrête pas au passage par la valeur théorique, mais le corps se met à bleuir.

(¹) *Comptes rendus*, **114**, 1892, p. 173.

Le produit se présente en cristaux blancs, solubles dans l'éther et dans les solvants chlorés, d'où ils recristallisent par refroidissement ou par évaporation. Solubles dans les alcools, ils n'y recristallisent pas. Ils se dissolvent dans très peu d'eau avec décomposition et décantation de l'éther.

Le produit bleuit à la lumière et à l'air humide, en dégageant de l'éther, de l'aldéhyde et même de l'acétate d'éthyle et de l'acide acétique. Des traces d'acide nitrique accélèrent la réaction.

MOLYBDATE NORMAL DU GLYCOL. — Dans une solution éthérée de 50^g du produit précédent, on fait barboter 30^g d'oxyde d'éthylène. Il précipite 25^g d'une poudre blanche. Dans le résidu liquide, on trouve de la chlorhydrine, du glycol et des traces de paraldéhyde.

Analyse de la substance. — Traitée par le chlorure de benzoyle et la potasse, la poudre donne des cristaux qui après purification fondent à 69-71°. Mêlés à une partie de dibenzoate du glycol, ils fondent de 70 à 72°. La poudre blanche est donc un éther du glycol.

Acidimétrie. — Substance, $0^g,209$; soude 0,096 N, $23^{cm^3},3$; MoO^3 p. 100, 77; théorie pour $MoO^4C^2H^4$, 76,6.

Dosage par calcination. — Substance, $0^g,480$; résidu, $0^g,358$; anhydride molybdique pour 100, 75; théorie, 76,6.

Ce résultat un peu faible s'explique par le fait que la substance charbonne, ce qui entraîne à chauffer au rouge et à volatiliser un peu d'anhydride molybdique.

Le molybdate normal du glycol est une poudre blanche hygroscopique, bleuissant à la lumière, soluble dans les alcools dont il reprécipite par addition d'oxydes d'alcoyle. Il est insoluble dans les solvants chlorés. Il se dissout dans très peu d'eau avec hydrolyse, et la solution obtenue précipite à l'ébullition.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la température minima d'oxydation du silicium.* Note de M. **CHARLES BEDEL**, présentée par M. Auguste Behal.

Les données sur la température minima d'oxydation du silicium sont imprécises. Vigouroux [1] estime que le silicium chauffé brusquement dans l'oxygène prend feu vers 400° Roll [2] pense également que l'oxydation a

---

(1) *Le silicium et les siliciures métalliques*, Thèse de Sciences, Paris, 1896, p. 39.
(2) *Z. anorg. Chem.*, 158, 1926, p. 343.

lieu à une température supérieure à 400°; Manchot et Funk ([1]) n'ont pu enflammer du silicium à l'aluminium qu'en le projettant dans un tube préalablement chauffé à 500°. Sanfourche ([2]) au contraire admet volontiers que le silicium s'oxyde dès la température ordinaire se recouvrant ainsi d'une couche invisible de silice ou d'un composé moins oxygéné, ce qui expliquerait sa solubilité dans l'acide fluorhydrique. Il est toutefois difficile d'admettre que l'attaque du silicium par cet acide soit due à une couche si mince d'oxyde produite à température peu élevée. En effet, d'une part Moissan et Siemens ([3]) ont dissous par cet acide 99 pour 100 d'un silicium à l'argent titrant 98,9 pour 100 de silicium et d'autre part, Manchot ([4]) a pu mesurer l'importance de l'attaque par la quantité d'hydrogène qui se dégage.

Nous avons tout d'abord constaté que du silicium à l'aluminium immergé dans l'eau pendant 45 jours à la température ordinaire ne variait pas de poids. L'examen microscopique ne révèle d'ailleurs aucune oxydation.

Nous avons aussi prouvé qu'un échantillon de ce métalloïde préalablement privé de silice par action de l'acide fluorhydrique, évaporé jusqu'à siccité dans une atmosphère d'anhydre carbonique, n'augmente pas de poids si l'on remplace ce gaz par un courant d'oxygène à 150°.

Nous avons tenté de plus de déterminer la température de début d'oxydation dans l'oxygène en utilisant du silicium pur soit à l'aluminium, au zinc ou à l'argent. Ces trois variétés donnent d'ailleurs des résultats identiques.

Chauffées successivement pendant une heure à des températures croissantes dans un courant d'oxygène sec, elles accusaient tout d'abord une perte de poids, qui pouvait atteindre 1,5 pour 100 à 650°, température à partir de laquelle elles commençaient seulement à augmenter de poids. Il faut cependant élever la température jusqu'à 850° pour que l'oxydation soit vraiment sensible. A cette température $0^g,2074$ de silicium à l'aluminium fixe en une heure 2,8 pour 100 d'oxygène.

Nous avons toutefois observé qu'en présence d'oxygène humide le silicium augmente de poids dès 430°.

Au contraire, si l'on fait préalablement le vide sur la substance, le seuil

---

([1]) *Ber. d. chem. Ges.*, **63**, I, 1930, p. 1441.
([2]) *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 726, et *Rev. Métal.*, **32**, 1935, p. 182.
([3]) *Comptes rendus*, **138**, 1904, p. 1299.
([4]) *Ber. d. chem. Ges.*, **54**, II, 1921, p. 3107, et *Z. anorg. Chem.*, **120**, 1921, p. 277.

d'oxydation est plus élevé. Pour le mettre en évidence, nous avons placé du silicium dans un tube de quartz en relation avec un manomètre et une trompe à mercure. La capacité de l'appareil était de 90^{cm^3}. Après avoir fait le vide, la température a été élevée lentement jusqu'à 600°. Dès 200° il s'est dégagé des gaz : ceci explique la diminution de poids observée dans les expériences en présence d'un courant d'oxygène.

Après élimination des gaz et refroidissement, l'appareil a été rempli d'oxygène à la pression atmosphérique extérieure puis chauffé progressivement par paliers de 50°. Nous avons considéré comme température de début de réaction celle pour laquelle l'oxygène absorbé en une heure produisait une dépression d'au moins 5^{mm} de mercure. Dans tous les cas nous avons trouvé qu'elle était supérieure à 800°.

L'aspect des cristaux renseigne, en outre, sur la marche de l'oxydation, Même si la quantité d'oxygène absorbée n'est que de 0,5 pour 100 la mince couche de silice formée leur communique un aspect particulier violacé. Examinés au microscope par réflexion en lumière blanche, les cristaux présentent des phénomènes colorés dus à l'interférence, dès qu'il existe une couche de silice de l'ordre du 1/10 de μ. Toutefois nous n'avons pu voir apparaître ces phénomènes qu'au-dessus de 650° sur du silicium traité par de l'oxygène sec.

Ces résultats indiquent donc que la température minima d'oxydation du silicium est relativement élevée et en tout cas bien supérieure à la température ordinaire; il semble cependant que la présence d'humidité ou de certains gaz favorise l'action de l'oxygène.

CHIMIE MINÉRALE. — *Contribution à l'étude des iodures doubles de cuivre et d'ammonium.* Note de Mlle **Denise Montagnon**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

M. E. Fleurent [1] a fait connaître, en l'appliquant plus spécialement aux cyanures, une méthode générale de préparation des sels doubles de cuivre et d'ammonium.

C'est ainsi qu'en faisant réagir du cyanure de potassium sur de l'hydrate cuivrique en solution ammoniacale, M. Fleurent obtint, en faisant varier les proportions de produits réagissant et les conditions physiques de

(1) *Comptes rendus*, **113**, 1891, p. 1045; **114**, 1892, p. 1060; **116**, 1893, p. 190.

l'expérience, plusieurs composés cyanurés bien cristallisés de couleurs et de propriétés différentes.

Nous avons entrepris d'appliquer cette méthode à la recherche d'autres dérivés similaires du cuivre et la présente Note concerne particulièrement les résultats déjà obtenus en remplaçant dans la réaction le cyanure par l'iodure de potassium.

Trois solutions contenant : l'une 30^g de chlorure cuivrique, l'autre 12^g de chlorure d'ammonium et la troisième 14^g d'iodure de potassium ont été préparées. Dans la première on a précipité tout d'abord l'hydrate de cuivre qu'on a redissous dans un excès d'ammoniaque, puis on y a ajouté la solution de chlorure d'ammonium et, en refroidissant, celle de l'iodure de potassium, en s'arrangeant pour obtenir un volume total de 270^{cm^3}. La liqueur répartie ensuite en 4 tubes scellés a été chauffée entre 125 et 130° pendant 3 heures. Puis les tubes ont été abandonnés pendant quelques jours à la température ordinaire. Il s'est alors déposé de beaux cristaux bleus appartenant au système cubique dont l'analyse correspond à celle d'un cuprosoiodhydrate d'ammonium ammoniacal de formule $Cu^2I^2.3NH^4I.10NH^3.6H^2O$ déduite de la composition centésimale suivante :

	Trouvé.	Calculé.
Cuivre	12,08	11,97
Iode	58,80	58,30
Ammoniaque	19,47	19,89

La présence des deux groupes ammoniacaux a été vérifiée par distillation de la solution aqueuse et dosage de l'ammoniaque dégagée avant et après addition de soude caustique.

Dans une deuxième opération, nous avons gardé les mêmes proportions de produits mis en réaction, mais en changeant les conditions de l'expérience, c'est-à-dire en opérant à la température d'ébullition de la liqueur qui est d'environ 110° à la pression ordinaire, maintenue pendant 48 heures. Dans ces conditions, nous avons obtenu après refroidissement des cristaux noirs appartenant au système triclinique et qui se montrent biréfringents et polychroïques.

L'analyse de ces cristaux révèle la formation d'un iodure cuivrique ammoniacal dont la formule $CuI^2.3NH^3.H^2O$ se déduit du tableau :

	Trouvé.	Calculé.
Cuivre	16,30	16,43
Iode	66,34	65,90
Ammoniaque	13,73	13,45

Dans ce cas nous avons vérifié, comme nous l'avons fait pour le composé bleu, qu'il n'existait pas de groupement NH^4I.

Les deux iodures doubles obtenus sont stables en atmosphère ammoniacale. Abandonnés à l'air, ils ne tardent pas à s'altérer en perdant de l'ammoniaque. Ils deviennent bruns, puis la teinte s'éclaircit au fur et à mesure que l'iode mis en liberté par la décomposition se sublime. Finalement il reste, dans les deux cas, de l'iodure cuivreux.

Le composé bleu est soluble dans l'eau, mais un excès le décompose. Il en est de même pour le composé noir qui est cependant très peu soluble. Il se dépose dans les deux cas des précipités de couleur verte qui appartiennent à la classe des oxyiodures, ainsi que nous nous en sommes assurés.

L'iodure cuivrique ammoniacal a de plus la propriété de fixer de l'ammoniaque et de l'eau. En effet, abandonné dans une atmosphère humide et ammoniacale, on le voit bleuir fortement et quand son poids reste constant, l'analyse donne la composition centésimale suivante qui correspond à la formule : $CuI^2.5NH^3.3H^2O$.

	Trouvé.	Calculé.
Cuivre	13,60	13,92
Iode	55,40	55,64
Ammoniaque	18,70	18,61

Ce nouvel iodure cuivrique ammoniacal est beaucoup plus soluble dans l'eau que les précédents, mais un grand excès du dissolvant le décompose de la même manière.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Oxydes organiques dissociables. Étude spéciale du phényl-9-anthracène et de plusieurs de ses dérivés.* Note (¹) de MM. **Charles Dufraisse**, **Léon Velluz** et Mme **Léon Velluz**, présentée par M. Marcel Delépine.

A. Il a été précédemment démontré, sur l'exemple du diphénylanthracène (²), que l'oxydabilité réversible était un attribut de la structure anthracénique, mais que l'enlèvement des deux phényles supprimait la dissociabilité du photooxyde correspondant, le photooxyanthracène (³).

(¹) Séance du 6 juillet 1936.

(²) Ch. Dufraisse et A. Etienne, *Comptes rendus*, **201**, 1935, p. 280. D'autres diarylanthracènes jouissent de la même propriété : A. Willemart, *Comptes rendus*, **201**, 1935, p. 1201; *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 140.

(³) Ch. Dufraisse et M. Gérard, *Comptes rendus*, **201**, 1935, p. 428.

Ces faits nouveaux imposaient une étude systématique, dont il nous a paru naturel de faire porter les premiers efforts sur le cas intermédiaire, celui du monophénylanthracène. Les résultats que nous présentons concernent des anthracènes phénylés sur un seul des mésosommets, l'autre portant, soit de l'hydrogène, soit du brome, soit de l'iode, soit encore le groupe carboxyle ou son ester méthylique.

Les trois derniers corps n'avaient pas encore été décrits. On les a préparés, par les réactions connues, à partir du dérivé magnésien correspondant. Cependant, l'estérification du phényl-9-carboxy-10-anthracène a présenté quelques difficultés, à cause de la passivité de la fonction acide : l'ester méthylique n'a pu être obtenu que par le diazométhane.

Le phényl-9-iodo-10-anthracène, $C^{20}H^{13}I$, est en cristaux jaunes (fus. inst. 132°) ; contrairement au dérivé bromé, il n'est pas fluorescent en solution, ce qui est dû à l'effet antifluorescent de l'iode (Francis Perrin). Le phényl-9-carboxy-10-anthracène, $C^{21}H^{14}O^{2}$, fond instantanément à 264°, et son ester méthylique, $C^{22}H^{16}O^{2}$, à 162°. Les cristaux de ce dernier corps présentent, à un degré exceptionnel, le phénomène de la triboluminescence.

B. Les cinq corps étudiés sont photooxydables ; mais les deux halogénés ont été mis provisoirement hors de cause, parce que l'halogène qu'ils émettent dès les débuts vient compliquer les transformations.

Irrégulière également est la photooxydation de l'acide. A l'état libre, la fonction carboxylique paraît empêcher l'addition de l'oxygène. A l'état salifié, il y a bien réaction, mais il ne paraît pas se faire le photooxyde normal. Ce troisième cas a donc été réservé lui aussi.

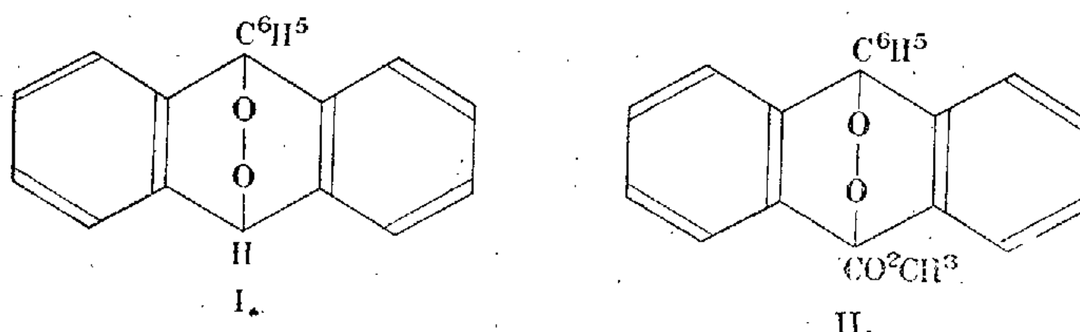
Restent le phénylanthracène et l'ester méthylique dont, au contraire, les photooxydations se passent avec la plus grande régularité.

Le photooxyde du phénylanthracène, $C^{20}H^{14}O^{2}$, I, ne s'obtient à l'état pur qu'avec d'assez modestes rendements (30 pour 100), parce qu'il est trop sensible à l'action de la lumière : il commence à s'altérer avant que tout l'hydrocarbure soit oxydé. Sa décomposition thermique a lieu brutalement vers 155°, avec un dégagement appréciable d'oxygène libre (environ 12 pour 100). Ce résultat est plutôt imprévu, car c'est la première fois qu'un réarrangement explosif de photooxyde n'absorbe pas tout l'oxygène disponible.

Avec le photooxyde de l'ester méthylique, $C^{22}H^{16}O^{4}$, II, tout rentre dans l'ordre : la préparation, comme la dissociation, se produisent avec de bons rendements, l'un et l'autre voisins de 60 pour 100.

C. On voit par ces expériences que l'hydrogène en méso forme toujours obstacle à la dissociabilité des photooxydes anthracéniques.

Un effet semblable avait été observé dans la série des rubènes, ou arylnaphtacènes. Il y était même plus accentué, puisque le remplacement par l'hydrogène de la moitié seulement des quatres phényles du tétraphénylnaphtacène, par exemple en 10 et 12 ([1]), ou en 11 et 12 ([2]), supprimait complètement la dissociabilité des photooxydes correspondants.



Cette influence défavorable qu'exerce l'hydrogène sur la mobilité de l'oxygène, est encore mieux soulignée par les hauts rendements à la dissociation que donne l'ester, composé où tout hydrogène actif est éloigné des mésocarbones détenteurs de l'oxygène libérable. Ainsi, le reste carboalcoxylé, — CO — O — R, qui caractérise la fonction ester, paraît se rapprocher des aryles, en tant qu'adjuvant de l'oxydabilité réversible de la matière organique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques nitrosochlorures de la série benzénique.* Note de M. **Roger Perrot**, présentée par M. Georges Urbain.

Si les nitrosochlorures des carbures terpéniques ont été l'objet de nombreuses recherches, il n'en a pas été de même des dérivés styroléniques les plus simples.

Je me suis proposé d'étudier les conditions d'obtention et les propriétés de ces nitrosochlorures.

J'ai montré ([3]) que le chlorure de nitrosyle, à température ordinaire, se comportait vis-à-vis des carbures aromatiques non saturés, comme un agent

---

([1]) Ch. Dufraisse et M. Loury, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1673.

([2]) Ch. Dufraisse et R. Horclois, *Procès-verbaux des séances de la Société chimique de France*, juillet 1936.

([3]) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 494.

de chloruration et même de nitration. Ces réactions d'oxydation ne peuvent que limiter ou empêcher la formation des nitrosochlorures; elles diminuent d'importance lorsqu'on opère à basse température.

Le mode opératoire utilisé est le suivant :

Le composé éthylénique est dissous dans une ou deux fois son volume de tétrachlorure de carbone ou de chloroforme. On refroidit le mélange vers — 60° dans la neige carbonique et y introduit une quantité connue de chlorure de nitrosyle employé en petit excès. On observe au bout d'un quart d'heure dans les cas du paratolyléthylène, de l'anéthol et de l'indène, un abondant dépôt de cristaux; le rendement en nitrosochlorure peut atteindre 80 pour 100. Dans le cas de l'αα-diphényléthylène l'addition de NOCl n'a lieu qu'au-dessus de — 50° et aux environs de — 30° pour le styrolène, l'α-phényl-α-propylène, le β-phényl-α-propylène et le cyclohexène. Il y a un dégagement continuel d'azote pendant la formation du nitrosochlorure et le rendement tombe à 30 pour 100. Par contre dans ce même domaine de températures la fixation du chlorure de nitrosyle sur le stilbène ou l'α-phényl-β-méthyl-α-propylène est la réaction principale. Vers — 10° le β-phényl-β-butylène, le 1.4-dihydronaphtalène et l'ω-bromostyrolène donnent plus difficilement les nitrosochlorures correspondants. Celui de la benzylidèneacétophénone s'obtient aisément à température ordinaire.

Les nitrosochlorures purifiés par cristallisation dans le benzène ou la ligroïne se présentent sous la forme de prismes incolores. Certains d'entre eux se distinguent par une stabilité remarquable et doivent à cette propriété la possibilité de se former à température ordinaire. Ils se décomposent généralement dès la température de fusion; chauffés dans l'alcool ou l'acide chlorhydrique ils engendrent du chlorhydrate d'hydroxylamine.

La cryoscopie de leurs solutions dans le benzène ou le dioxane permet de déterminer leurs masses moléculaires; celles-ci accusent une valeur 1,3 à 1,8 fois plus grande que celle qui correspondrait à une molécule simple. Ces résultats sont en accord avec les travaux de Baeyer, Wallach et Schmidt qui considèrent les nitrosochlorures terpéniques et aliphatiques comme des dérivés binitrosylés ou isonitrosés.

Il est souvent avantageux de caractériser les nitrosochlorures sans même les isoler, par les nitrolamines qu'ils donnent facilement en milieu benzénique avec la pipéridine.

Ces composés très stables présentent la même anomalie de masses moléculaires que les nitrosochlorures et comme eux donnent de l'hydroxylamine par hydrolyse.

Les principaux dérivés préparés sont réunis dans le tableau suivant (1):

(1) Les composés marqués d'un astérisque ont déjà été signalés.

Composés non saturés.	Point de fusion des nitrosochlorures.	Stabilité à température ordinaire.	Degré d'association moléculaire.	Point de fusion des nitrolpipéridines.
	°			°
Styrolène.....................	102,5*	se décompose	1,44	136
Paratolyléthylène.............	101	se décompose	1,50	163,5
α-phényl-α-propylène..........	129,5	stable	1,50	115
β-phényl-α-propylène..........	89	se décompose	–	122
ω-bromostyrolène..............	99-100	stable	1,70	162-163
Anéthol.......................	126*	stable	1,45	90 env.
αα-diphényléthylène...........	95	se décompose	1,35	131
α-phényl-β-méthyl-α-propylène .	121,5	se décompose	1,52	163
β-phényl-β-butylène...........	101-102	se décompose	1,85	148
Stilbène......................	138*	stable	1,29	155
Cyclohexène...................	150*	stable	1,48	119
1.4-dihydronaphtalène.........	143-144	stable	–	146
Indène........................	noircit vers 150*	stable	1,77	157*
Benzylidèneacétophénone......	116	se décompose	1,48	60 env.

En outre les nitrosochlorures du stilbène et de l'αα-diphényléthylène se transforment facilement par l'action du méthylate de sodium en dérivés méthoxylés fondant respectivement à 133° et 115° et présentant d'ailleurs le même type d'association moléculaire que les nitrosochlorures.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action du bromure d'éthylmagnésium sur l'éthylanilide butyrique*. Note de M[lles] **Marthe Montagne** et **Yvonne Isambert**, présentée par M. Georges Urbain.

Les nombreuses recherches qui ont été faites jusqu'ici sur les condensations des amides N-disubstituées avec les dérivés organomagnésiens ont montré la grande influence de la chaîne carbonée qui porte la fonction amide sur la nature des produits de réaction. En revanche l'influence exercée par la nature des deux radicaux fixés sur l'azote amidique a été peu étudiée. Il nous a paru intéressant de voir comment se comportent les dérivés organomagnésiens vis-à-vis d'amides d'acides gras portant à l'azote un noyau benzénique. Nous apportons ici les résultats que nous avons obtenus en traitant l'éthylanilide butyrique avec le bromure d'éthylmagnésium.

Busch (¹) avait indiqué que l'éthylanilide benzoïque, condensée avec le

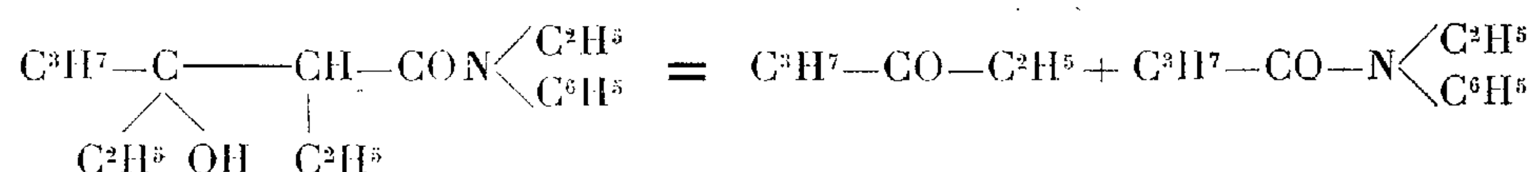
(¹) *Ber. d. chem. Ges.*, **43**, 1910, p. 2553.

bromure de phénylmagnésium, conduit à un mélange de cétone et d'amine tertiaire, par une réaction tout à fait analogue à celle des amides N-dialcoylées entièrement aliphatiques [1]. Par ailleurs [2] l'éthylanilide formique et la N-diéthylamide formique se comportent sensiblement de même façon avec le bromure d'éthylmagnésium et donnent naissance, l'une et l'autre, au propanal et à une amine tertiaire.

Nous avons constaté que l'éthylanilide butyrique se conduit avec le bromure d'éthylmagnésium d'une manière qui la distingue profondément des éthylanilides benzoïque et formique, et de la N-diéthylbutyramide. La formation de cétone est ici tout à fait insignifiante et il ne se forme pas trace d'amine tertiaire.

Les condensations ont été réalisées soit dans l'éther absolu, soit dans le toluène anhydre, à l'ébullition, avec un excès de réactif de Grignard. Elles donnent toujours lieu à un important dégagement d'éthane et conduisent aux deux mêmes corps : d'une part le diéthylpropylcarbinol (Rendement, 10 à 30 pour 100), et d'autre part une éthylanilide à fonction alcool tertiaire en position β, bouillant à 155-157° sous 3mm; l'éthylanilide α-éthyl, β-éthyl, β-hydroxycaproïque, mélangée d'une quantité plus ou moins importante de l'éthylanilide éthylénique qui provient de sa déshydratation (Rendement global, 30 à 35 pour 100).

La constitution de l'éthylanilide-alcool est établie par les faits suivants : Sous l'action de la chaleur seule (distillation sous pression ordinaire), ou bien en présence de soude alcoolique à l'ébullition, elle est dédoublée en éthylpropylcétone et éthylanilide butyrique :

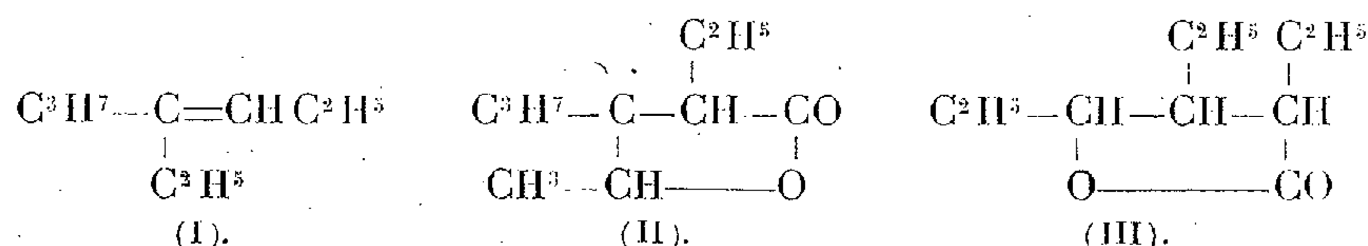


L'hydrolyse de la fonction amide est difficile à réaliser; l'acide sulfurique à 25 pour 100 à l'ébullition agit sur l'éthylanilide-alcool uniquement pour la déshydrater, comme aussi l'anhydride acétique. Par ébullition avec l'acide bromhydrique à 48 pour 100, on arrive à une hydrolyse complète et on peut isoler quantitativement le bromhydrate d'éthylaniline qui en résulte. Les produits neutres de l'hydrolyse correspondent à la transformation des acides éthyléniques α-β et β-γ, en C^{10}, provenant de l'acide-

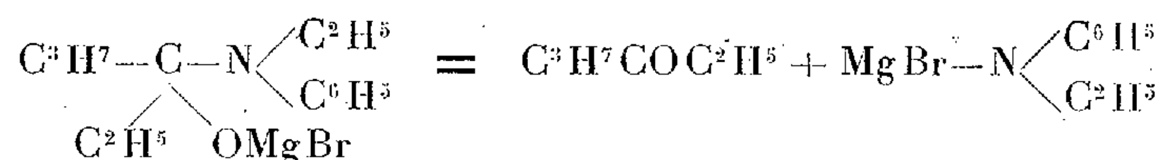
(1) M. Montagne, *Ann. de Chimie*, 10e série, 13, 1930, p. 40.

(2) Maxim et Mavrodineanu, *Bull. Soc. Chim.*, 2, 1935, p. 591.

alcool dont dérive l'éthylanilide étudiée : un carbure éthylénique en C^9, bouillant de 138° à 145° sous 760^{mm}, de constitution probable (I), le bromure qui en dérive, bouillant de 95° à 100° sous 20^{mm}, et surtout une lactone en C^{10}, bouillant à 132° sous 18^{mm}, et qui possède l'une ou l'autre des constitutions (II) et (III). Nous avons reproduit synthétiquement cette lactone, mais nous n'avons pu obtenir aucun dérivé solide.



La formation de diéthylpropylcarbinol au cours de nos réactions montre, dans le complexe magnésien initialement formé, la mobilité tout à fait exceptionnelle du groupement $-N(C^2H^5)(C^6H^5)$ qui s'élimine au cours de la condensation en donnant naissance à l'éthylpropylcétone :



Une partie de la cétone ainsi libérée réagit immédiatement avec l'excès de bromure d'éthylmagnésium et donne le diéthylpropylcarbinol. Nous pensons que l'autre partie intervient dans la formation de l'éthylanilide α-éthyl-β-éthyl, β-hydroxycaproïque.

CHIMIE ORGANIQUE. — *L'α- et le β-mononitroanthracène*. Note (¹) de MM. **Martin Battegay** et **Pierre Bœhler**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'anthracène, sous l'action des divers agents de nitration, réagit, en premier lieu, par ses carbones méso. Il fournit des dérivés, soit nitrés ou oxydés, soit nitrés et oxydés.

Dans le premier cas, l'anthracène conduit, d'ailleurs, aux seuls dérivés uniquement nitrés, jusqu'à présent accessibles, soit le γ- ou 9-mononitro et le 9.10-dinitroanthracène (²).

La poursuite de notre récente étude (³) des sels d'anthracényldiazonium

(¹) Séance du 20 juillet 1936.

(²) J. Houben, *Das Anthracen u. die Anthrachinone*, 1929, p. 97-106.

(³) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 769.

ouvre, toutefois, des voies appropriées pour atteindre, par exemple, les deux autres anthracènes monitrés prévus par la théorie.

I. En ce qui concerne celui substitué en α, sa formation résulte du comportement particulier des sels diazoïques précités envers des agents de substitution, tels que l'acide nitrique ou sulfurique. Alors qu'en général, les sels diazoïques, exceptés ceux de certains diazooxydes naphtaléniques [1], se distinguent, à cet égard, par une inertie remarquable, les sels d'anthracényl-diazonium semblent, au contraire, se nitrer et se sulfoner normalement. Ainsi, le fluoborate de β-anthracényl-diazonium (10^g) traité, à 10-15°, dans l'acide sulfurique à 80 pour 100 (120^{cm^3}), avec une proportion équimoléculaire d'acide nitrique à 63 pour 100 (2^{cm^3}), donne une liqueur de réaction qui, primitivement rouge foncé, vire au rouge orangé. Celle-ci, après addition d'alcool éthylique (400^{cm^3}), chauffée à 70°, entre en effervescence, et produit de l'azote, de l'acétaldéhyde et une substance violet noir insoluble que nous nous réservons d'examiner plus tard. Le filtrat limpide et orangé dilué d'eau précipite des flocons jaune-orangé. Ceux-ci fournissent, après essorage, puis épuisement à la ligroïne, une liqueur qui, le cas échéant, concentrée par évaporation, sépare des cristaux orangés. Ils sont purifiés par recristallisation dans l'alcool, et fondent alors à 146°. Le dosage d'azote et la transformation, d'une part, au moyen de sel d'étain, en α-anthramine, et, d'autre part, avec de l'acide chromique et de l'acide acétique glacial, en α-nitro-anthraquinone, montrent qu'il s'agit d'α-mono-nitroanthracène. (Azote pour 100 : calculé pour $C^{14}H^9NO^2$: 6,27 ; trouvé 6,45.)

La liqueur de nitration brute se prête, par ailleurs, à la réaction de Sandmeyer avec du chlorure ou du bromure cuivreux. Les α-nitroanthracène-β-chlorés, voire β-bromés, qui peuvent ainsi théoriquement prendre naissance, produisent effectivement, par oxydation, des dérivés anthraquinoniques correspondants que nous avons isolés. L'essai de leurs identifications, par transformation en dichloro- ou dibromoanthraquinones, conclut à la présence de mélanges, au moins binaires, renfermant vraisemblablement les isomères dihalogénés 2.5 et 2.8.

L'α-mononitroanthracène, qui peut être sublimé, se dissout facilement dans les solvants organiques usuels. L'acide sulfurique concentré donne une liqueur primitivement orangée qui vire rapidement en passant par le vert, au bleu foncé.

---

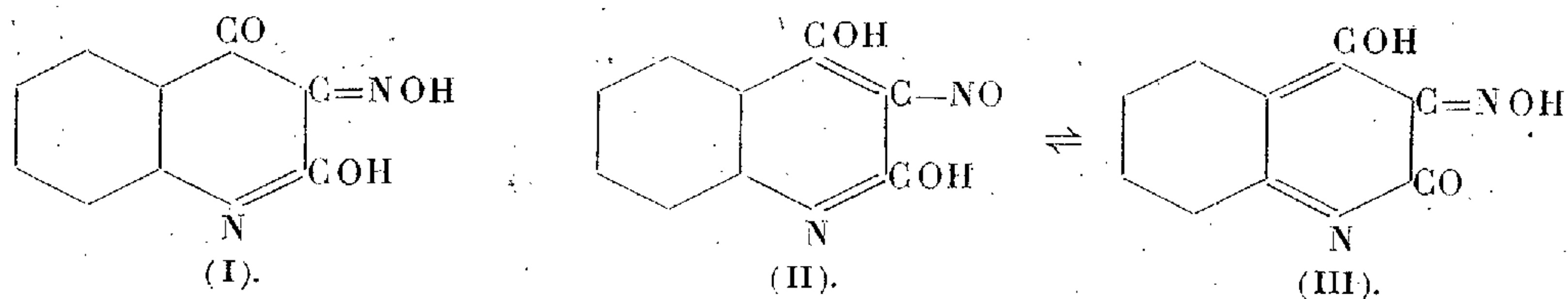
(1) HAGENBACH, D. R. P. 164655 (FRIEDLAENDER, FORTSCHRITTE, ..., 8, 1905-1907, p. 647).

II. Quant à la préparation du β-mononitroanthracène, nous l'avons effectuée par traitement du fluoborate de β-anthracényldiazonium, d'après la technique de Hantzsch et Blagden [1], avec du nitrite de sodium et du sulfite cuivreux-cuivrique. Le remplacement du radical diazoïque par le groupe nitro, dans ces conditions, est accompagné d'une formation notable d'anthracène qui complique la purification du composé nitré. Cette dernière implique, au cours de multiples recristallisations dans l'alcool, une sublimation sous pression réduite.

Le β-mononitroanthracène se présente alors sous forme de cristaux jaunes d'or, fusibles à 172°. Il a été identifié par le dosage d'azote et les transformations respectives en β-anthramine et β-nitroanthraquinone. Azote pour 100 : calculé pour $C^{14}H^{9}NO^{2}$, 6,27; trouvé, 6,49. La solubilité dans les solvants organiques usuels est semblable à celle de l'isomère α. L'acide sulfurique, par contre, produit une liqueur orangée.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le dérivé nitrosé du 4-hydroxycarbostyrile.* Note de MM. **André Meyer** et **Paul Heimann**, transmise par M. Marcel Delépine.

La *quinisatoxime* [2] a été identifiée par Bischoff [3] avec le produit de nitrosation du *4-hydroxycarbostyrile*, auquel il a attribué la constitution d'un isonitrosé (I) :



Bischoff a observé, en particulier, l'existence d'une variété *jaune* et d'une variété *rouge*. Le passage de la forme jaune à la forme rouge a lieu vers 105°, sans modification des propriétés physiques et chimiques, mais avec une perte variable de 6 à 7 pour 100, ne correspondant pas à une déshydratation simple.

---

(1) *Ber. d. chem. Ges.*, 33, 1900, p. 2544.

(2) Baeyer et Homolka, *Ber. d. chem. Ges.*, 16, 1883, p. 2217; 17, 1884, p. 985.

(3) *Annalen der Chemie*, 251, 1889, p. 381.

Il nous a paru intéressant de compléter nos connaissances sur ce composé.

a. Par recristallisation dans l'alcool, on obtient la variété *jaune*, *thermolabile*, se transformant vers 105° en forme *rouge*. La même variété *jaune* peut se préparer par refroidissement rapide, vers 15°, d'une solution saturée dans l'eau bouillante, d'où cristallisent de belles aiguilles jaunes, *courtes* et enchevêtrées, lesquelles se tranforment en variété *rouge au-dessus* de 100° (P. F. 208°).

b. Au contraire, en laissant refroidir lentement la même solution aqueuse, mais en maintenant sa température constamment *au-dessus de* 40°, il cristallise de *longues* aiguilles *jaunes* qui, après dessiccation à froid dans le vide sec, sont *thermostables*, ne se transformant plus en variété rouge, même par chauffage pendant 36 heures à 140°; dans ces conditions, le corps a perdu 8,3 pour 100 d'eau, ce qui correspond à l'hydrate $C^9H^6O^3N^2, OH^2$.

Cette modification thermostable fond à 251° et reste *jaune*. Son mélange avec la forme jaune thermolabile présente sur le bloc Maquenne des points de fusion variant de 205° à 236°, tandis qu'une partie du produit vire au rouge. L'hydrate thermostable, n'étant pas diazotable, ne peut donc être, selon toute vraisemblance, l'acide oximido-quinisatique.

La formule (I) de Bischoff impliquerait l'existence d'un groupe CO en 4; or, d'une part, par action de l'hydroxylamine et de la phénylhydrazine, on n'obtient aucun produit de condensation, et d'autre part, la quinisatoxime possède la propriété de *tirer* sur mordants métalliques (vert foncé sur fer, et brun verdâtre sur chrome). Ces considérations nous font attribuer à la quinisatoxime les formules tautomères, soit *orthoquinonique* (III), soit *nitroso* (II). On peut ainsi apparenter le nitroso-hydroxycarbostyrile au β-nitroso-α-naphtol.

Par méthylation de l'hydroxycarbostyrile en milieu alcalin, on obtient le 4-*méthoxycarbostyrile*, $C^{10}H^9O^2N$, incolore, soluble dans l'alcool à chaud, soluble dans les alcalis (P.F. 271°). L'action de l'acide nitreux sur cet éther-oxyde fournit le dérivé *nitrosé*, $C^{10}H^8O^3N^2$ (P.F. 220°), petits cristaux jaune verdâtre, solubles en jaune dans les alcalis, en vert dans les carbonates alcalins, et ne subissant aucun changement de coloration par la chaleur. Son affinité pour les mordants métalliques est très faible. Il possède donc, quoique atténuées, les propriétés du corps non méthylé, ce qui conduit à admettre que le groupe CH^3 a été substitué en 4.

Sels métalliques du nitroso-hydroxycarbostyrile. — On peut isoler un sel *monosodique*, $C^9H^5O^3N^2Na$, *vert pomme*, insoluble dans l'alcool. Sa solu-

tion aqueuse vire du vert au rouge brun par addition d'un excès d'alcali caustique.

En solution aqueuse, le sel monosodique fournit avec le chlorure de cobalt un *sel complexe brun*, de formule $C^9H^5O^3N^2Co(OH)^2$. Ce complexe, traité par l'acide chlorhydrique, se transforme en un autre *complexe*, rouge vif, de formule $(C^9H^5O^3N^2)^3Co$, avec formation de chlore et de chlorure cobalteux. Le complexe rouge vif se produit aussi par addition de chlorure de cobalt à une solution chlorhydrique de nitroso-hydroxycarbostyrile.

La même solution chlorhydrique, traitée par un sel de nickel, donne le *sel de nickel* $(C^9H^5O^3N^2)^2Ni$.

Les propriétés et les constitutions de ces sels seront indiquées dans un autre Recueil.

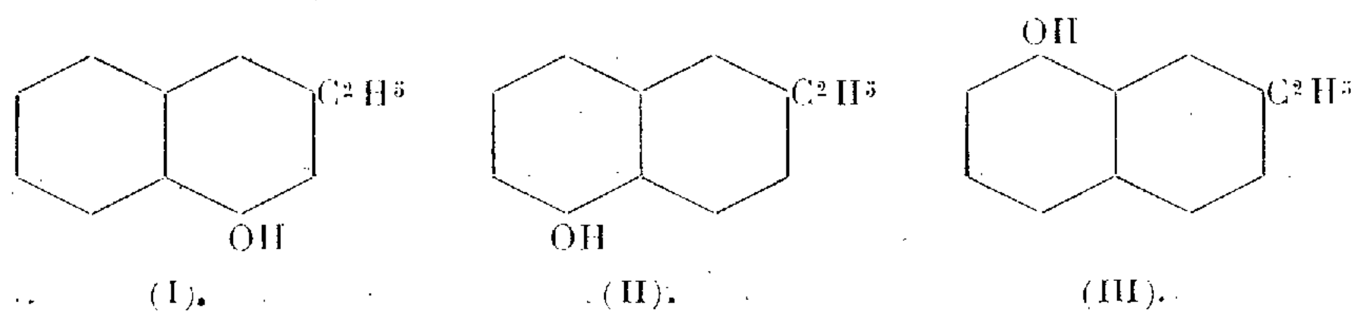
CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la nitration de la β-éthyl-naphtaline. Synthèse du 2-éthyl-naphtol-8.* Note de M. **Georges Lévy**, transmise par M. Marcel Delépine.

J'ai indiqué ([1]) que, par nitration directe de la β-éthyl-naphtaline, on obtenait, à côté de 40 pour 100 de 1-nitro-2-éthyl-naphtaline fondant à 49°,5-50°, une huile incristallisable formée certainement d'un mélange d'isomères. La présente Note a pour but l'étude de la constitution de ces isomères.

J'ai soumis l'huile à la réduction par le fer en présence d'acide acétique à 50 pour 100, et j'ai essayé la séparation des amines obtenues par cristallisation fractionnée de leurs chlorhydrates dans l'acide chlorhydrique 5N. J'ai obtenu un chlorhydrate insoluble et un autre assez soluble. L'amine extraite du premier a donné un dérivé acétylé fondant à 156° (corr.) et s'est révélée identique à la 1-amino-2-éthyl-naphtaline déjà décrite (*loc. cit.*) et provenant de la réduction du dérivé nitré cristallisé. L'amine extraite du second donne un acétylé fondant à 148°,5-149° (corr.) et différent du précédent comme l'a confirmé le point de fusion du mélange.

([1]) Georges Lévy, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 801.

En chauffant ce dérivé acétylé avec de l'acide sulfurique à 1 pour 100 pendant 7 heures à 200° en tube scellé, j'ai préparé un naphtol fondant à 56,5-57° (point de fusion du picrate : 131°). J'ai cherché à établir la constitution de ce naphtol. On sait que, dans la nitration des naphtalines, le groupe NO^2 se place en α, donc, dans ce cas, en 4, 5 ou 8 (la position 1 ayant été éliminée). Le naphtol obtenu a donc une des formules



Ce ne peut être la formule (I) qui correspond à un naphtol déjà décrit par moi [1] (PF = 51°, PF du picrate 145°). J'ai préparé le naphtol (III) par le procédé suivant qui ne laisse aucun doute sur sa constitution.

J'ai condensé l'anhydride succinique sur l'éthyl-benzine par la méthode de Krollpfeiffer et Schäfer [2] que j'ai transformée de manière à obtenir un meilleur rendement.

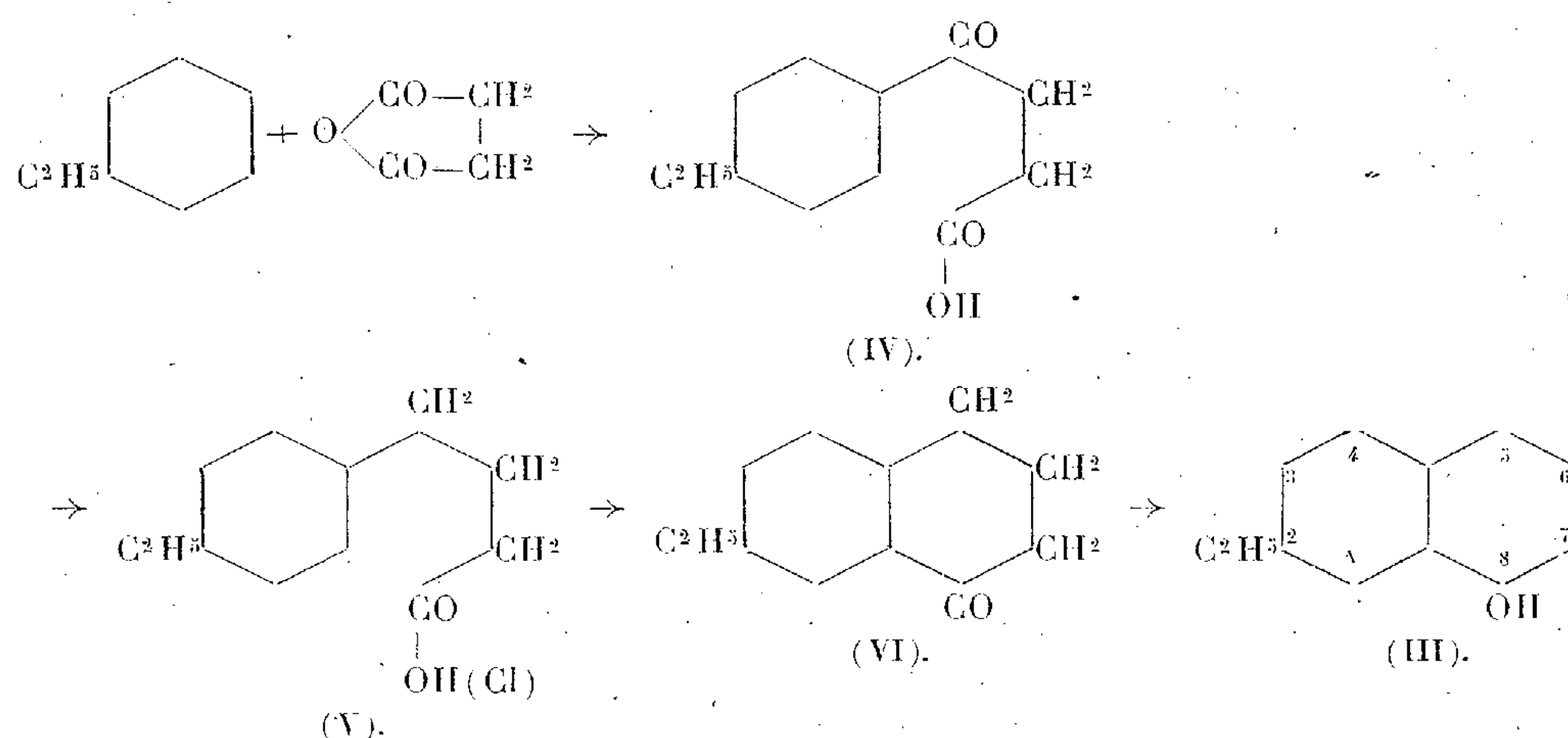
On introduit rapidement, à l'agitation, 160g d'$AlCl^3$ anhydre dans une solution de 60g d'anhydride succinique, 100g d'éthyl-benzine et 400g de benzine. Il y a un violent dégagement d'HCl qu'on achève en chauffant une demi-heure au bain d'eau. On chasse la benzine à la vapeur, on ajoute 100cm³ d'HCl concentré et l'on essore l'acide obtenu. L'acide est lavé par HCl étendu, dissout dans une solution de Na^2CO^3 qu'on fait bouillir avec du noir animal. Après filtration, il est reprécipité et essoré. Le rendement est de 80 pour 100.

L'acide cétone (IV) obtenu fond à 102°-103° (Krollpfeiffer et Schäfer indiquent 99°).

Il est réduit par la méthode de Clemmensen en acide para-éthyl-phényl-butyrique (V) fondant à 70°. Le chlorure de cet acide (PE_{18} = 143°-145°) est cyclisé par le chlorure d'aluminium en cétone (VI) (PE_{18} = 152°-154°) dont la semi-carbazone fond à 197° (corr.). Cette cétone est déshydrogénée par le sélénium en naphtol (III) par la méthode décrite par Darzens

(1) Georges Lévy, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1952.
(2) *Ber. d. chem. Gesells.*, 56, (1), 1923, p. 626.

et moi-même ([1]). Cette suite de réactions peut être figurée par le schéma :



Le naphtol (III) fond à 56°,5-57°, son picrate à 131°. Par la méthode des mélanges, il s'est révélé identique à celui décrit dans la première partie de cette Note.

J'ai donc démontré que l'huile obtenue dans la nitration de la β-éthylnaphtaline est un mélange de 1-nitro-2-éthylnaphtaline déjà décrite et de 8-nitro-2-éthylnaphtaline.

GÉOLOGIE. — *Sur des gisements nouveaux de Spongiomorphides et d'Algues dans le Lias et le Bajocien du Maroc.* Note de M. **Gonzague Dubar** et M[lle] **Dorothée Le Maitre**, transmise par M. Charles Barrois.

Nous avons découvert et décrit des Spongiomorphides et des Algues du Lias marocain ([2]). Des recherches récentes nous permettent d'apporter ici une contribution nouvelle à la connaissance de ces organismes, non seulement pour le Lias, mais aussi l'Aalénien et le Bajocien du Maroc.

Spongiomorphides. — Voici les gisements où des espèces déjà connues, et quelques-unes nouvelles ont été découvertes :

([1]) G. Darzens et G. Lévy, *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 181.

([2]) *Comptes rendus*, **200**, 1935, p. 571 et *Notes et Mémoires du Service des Mines du Maroc*, 1935 (Mém. n° **34**).

Spongiomorpha Cayeuxi Le Maître, connu dans un seul gisement domérien au sud du Moyen-Atlas, a été trouvé dans les calcaires construits du Bou-Dahar, au bord sud du Haut-Atlas.

Spongiomorpha (*Heptastylopsis*) cf. *globosa*, Yabe et Sug. et *Heptastylopsis sp.* Le M. existent l'un et l'autre dans le Domérien, en aval des Aït-Ani, au bord sud du Haut-Atlas.

Stromatomorpha cf. *californica* P. Smith existe dans le Domérien supérieur au col entre Itto Fezzou et Aït-Ani; on le trouve aussi, avec *Cylicopsis Atlantis* Le M. à un niveau moins élevé du Domérien au col de Timnioine (sud-ouest du Dj. Hamdoun, Haut-Atlas); ces espèces étaient connues seulement dans le Pliensbachien du Moyen-Atlas.

M. Roch a rapporté de Isk n'Timrazine (Tafraout) un spécimen de *Stromatomorpha californica* var. *columnaris* Le M.

A cette liste s'ajoutent quelques espèces nouvelles appartenant aux genres *Heptastylopsis* et *Cylicopsis*, recueillies aux points suivants : Col de Timnioine, extrémité sud-ouest du Dj. Bou-Tououri, nord de Tounfit, Foum Ikis.

Algues. — *Solenopora liasica* Le M., dont les premiers exemplaires décrits provenaient du Domérien du Prérif et du bord sud du Haut-Atlas, a été découvert dans le Domérien du Col de Timnioine et en aval des Aït-Ani, et aussi dans des formations plus récentes :

Aalénien supérieur sur la piste des Aït-Ani vers Semghir, et au nord de Tamtetoucht; *Bajocien*, plusieurs gisements près d'Aghbalou n' Kerdous et un autre à 10^{km} plus à l'Est, dans le banc le plus élevé du Bajocien, sous les couches rouges (limite Bajocien-Bathonien).

Pour *Mitcheldeania africana* Le M. un gisement nouveau d'âge domérien moyen au Col de Timnioine. Au même point, existent des *Boueina*, trouvées aussi en deux autres gisements du Domérien supérieur en aval des Aït-Ani.

Enfin une *Solénoporacée* nouvelle, en colonies de forme discoïdale, ayant beaucoup d'affinités par sa structure avec le genre *Lithocaulon* Bornemann, a été découverte dans le Domérien supérieur près d'Aghbalou n' Kerdous.

Conclusions. — I. Ces observations nouvelles confirment que c'est au Lias moyen, et surtout au Domérien, que Spongiomorphides et Algues se sont le plus communément développés au Maroc, dans l'aire que nous avons déjà définie, qui s'étend du Prérif au Moyen-Atlas, puis aux bords nord et sud du Haut-Atlas.

II. La présence du genre *Solenopora* dans l'Aalénien et le Bajocien au Maroc, vient combler la lacune entre le Lias moyen où nous l'avons découvert et décrit précédemment, et le Bathonien, niveau à partir duquel il est connu dans les terrains d'âge secondaire en Europe.

SISMOLOGIE. — *Sur les séismes à foyer profond.*
Note (¹) de M. **Charles Bois**, transmise par M. Charles Maurain.

J'ai indiqué (²) qu'une étude systématique des séismogrammes de Strasbourg pour la période 1923-1934 et pour les distances épicentrales comprises entre 3000 et 11000^{km}, à l'aide des tables de Wadati fournissant les durées de propagation des phases définies par Scrase m'avait conduit à attribuer une grande profondeur focale (80^{km} au moins) à 57 tremblements de terre. De l'examen des résultats on peut tirer quelques conclusions.

1° Répartition géographique. — A part deux cas isolés (Océan Indien et Rocher Saint-Paul), les épicentres peuvent être classés dans deux grands groupes.

a. Bordure du géosynclinal circumpacifique. — De nombreuses observations se rapportent à la partie ouest de cette bordure, où l'on note des foyers profonds depuis l'Alaska jusqu'aux îles Philippines et Mariannes (32 observations, dont 16 sont relatives à l'archipel japonais, région qui présente la plus haute fréquence en séismes à grande profondeur focale). 12 observations se rapportent à une fraction de la bordure Est qui comprend l'Amérique centrale et une partie de la côte ouest de l'Amérique du Sud.

b. Zone des plissements alpins. — On observe des séismes à foyer profond sur la partie de cette zone qui s'étend de l'Himalaya au Turkestan (11 séismes, dont 8 pour le Turkestan). Les tables de Wadati ne s'appliquent d'ailleurs qu'imparfaitement aux tremblements de terre de cette dernière région, probablement à cause d'anomalies de sa géologie profonde : c'est un point qu'il y aura lieu d'étudier.

2° Classement par profondeurs. — Le tableau ci-après indique le nombre de séismes observés pour les diverses valeurs de la profondeur focale. Ce tableau n'est pas complet, puisqu'il ne se rapporte qu'aux distances comprises entre 3000 et 11000^{km}, et bien que la période étudiée soit de 12 ans, les données sont encore assez peu abondantes. J'en tirerai toutefois des conclusions *provisoires* qu'il sera nécessaire de réviser ultérieurement quand les observations seront plus complètes :

a. La décroissance de la fréquence depuis une profondeur de 80^{km} jusqu'aux plus grandes profondeurs ne semble pas suivre une loi régulière.

(¹) Séance du 20 juillet 1936.
(²) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 101.

b. On n'observe pas une répartition des foyers suivant les lois du hasard autour d'une profondeur moyenne (contrairement à l'hypothèse implicite de Turner).

c. On note deux maximums de fréquence situés l'un vers 120^{km}, et l'autre vers 320^{km} de profondeur. Le premier de ces niveaux est sensiblement celui d'une surface de discontinuité que Mohorovičić (1) place vers 120^{km} et Galitzine (2) vers 106^{km}. Mlle Lehmann (3) estime qu'il doit exister une autre surface de discontinuité entre 250 et 350^{km}, sans pouvoir en préciser l'emplacement exact : le deuxième maximum observé se placerait dans cette région. Peut-être y aurait-il là une confirmation de l'hypothèse de Mlle Lehmann, suivant laquelle une partie des séismes à foyer profond serait due à de brusques déplacements des surfaces de discontinuité.

3° *Mécanisme de déclenchement des secousses.* — L'examen des séismogrammes obtenus à l'aide des composantes verticales permet de reconnaître si la phase P débute par une onde de compression ou par une onde de dilatation. Pour les séismes à foyer profond, on peut de même reconnaître si la phase pP commence par une compression ou par une dilatation. Le mécanisme de déclenchement des secousses se présentera donc suivant l'un des quatre types ci-après (4) :

1° compression des P, compression des pP (en abrégé cc);
2° dilatation des P, dilatation des pP (en abrégé dd);
3° compression des P, dilatation des pP (en abrégé cd);
4° dilatation des P, compression des pP (en abrégé dc).

Pour les profondeurs de 80 et 100^{km}, le type *dc* manque; il apparaît à 120^{km}, tandis que le type *cd* disparaît pour reparaître à 200^{km}. A cette profondeur, le type *dc* manque de nouveau, on ne le retrouve qu'à partir de 340^{km}. D'autre part, le type *cc* fait défaut entre 220 et 300^{km}, le type *dd* entre 180 et 280^{km}. La nature des phénomènes semble donc changer rapidement vers des niveaux situés respectivement vers 100 ou 120^{km}, 200, et 300 ou 320^{km}. Le premier et le troisième de ces niveaux correspondent aux maximums de fréquence dont il vient d'être question, le deuxième est voisin de celui d'une surface de discontinuité que Galitzine place vers 230^{km}.

Ces divers résultats sont suffisamment concordants pour qu'on puisse

(1) *Beiträge Z. Geoph.*, **14**, Leipzig 1915, p. 193.
(2) *C. R. des séances Comm. sism. perm.*, **7**, Petrograd, 1919, p. 323.
(3) *Geodätisk Institut Meddelelse*, 5, Copenhague 1934, p. 12.
(4) H. P. Berlage, *Publ. Bur. Centr.*, série A, fasc. **1**, Toulouse, 1924, p. 5.

y voir, non une preuve, mais une présomption en faveur des hypothèses relatives à l'existence entre les profondeurs de 80 et 600^{km}, de trois surfaces de discontinuité, ou tout ou moins de trois niveaux où les propriétés élastiques du sous-sol se modifient très rapidement.

Nombre de séismes observés pour les diverses profondeurs focales.

Profondeurs (km)....	80.	100.	120.	140.	160.	180.	200.	220.	240.	280.	300.
Nombre de séismes..	4	3	9	6	3	3	4	1	2	2	1
Profondeurs (km)....	320.	340.	360.	380.	400.	440.	450.	500.	570.	600.	620.
Nombre de séismes..	8	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Teneur en dérivés de dégradation de l'azote de sérum de quelques Ongulés.* Note [1] de MM. **Achille Urbain** et **R. Cahen**, présentée par M. Charles Achard.

La question du métabolisme de l'azote, poussée fort loin dans l'organisme humain, n'a fait l'objet que d'un nombre limité de recherches dans l'organisme animal. La connaissance de la teneur du sérum des Mammifères en dérivés de dégradation de l'azote pouvant fournir d'utiles renseignements, tant à la physiologie générale qu'à la pathologie comparée, nous avons été amenés à doser ces dérivés dans le sérum de divers Ongulés, *Ruminants* et *non Ruminants*, appartenant à des espèces sauvages ou domestiques. Nous rappellerons que cette étude, fragmentaire à notre connaissance sur le mouton, la vache, le porc [2], donne lieu à des résultats contradictoires sur le cheval [3].

Nos expériences ont été effectuées, parmi les Ongulés Ruminants, sur des Bovinés : Vache; des Antilopinés : Gazelle Dorcas (*Gazella Dorcas* L.); des Caprinés : Mouton (*Ovis aries* L.); Mouflon de Corse (*Ovis musimon*

(1) Séance du 15 juillet 1936.

(2) Török, *Közlen összehas élet és Kort*, 26, 1933, p. 11; C. E. Hayden et L. B. Scholl, *Report of the N. Y. State Veterinary College*, 28, 1923-1924, p. 89.

(3) D. Brocq-Rousseu, G. Roussel et Gallot, *C. R. Soc. Biol.*, 102, 1929, p. 174; L. Hugounenq et A. Morel, *Presse Méd.*, 52, 1913, p. 517; Pescheux, *Rev. gén. de Méd. vétér.*, 238, 1920, p. 641-657.

Pallas); des Cervidés : Cerf Rusa (*Cervus unicolor* Kerr); Renne (*Rangifer tarandus* L.); enfin, des Camélidés : Lama (*Lama glama* L.). Chez les Ongulés non Ruminants, nous avons étudié les Suidés : Sanglier (*Sus scrofa* L.); les Équidés : Cheval et Zèbre de Grévy (*Equus Grevyi* Oustalet).

Une première série de recherches, résumées dans le tableau I, a consisté à déterminer la teneur du sérum de ces animaux en urée, dosée par la microméthode gravimétrique de Fosse et la méthode gazométrique.

TABLEAU I. — *Teneur du sérum en urée* (résultats exprimés en grammes par litre).

Famille.		Nombre d'animaux.	Urée (méthode de Fosse). Min.	Max.	Moy.	Urée (méthode gazométrique). Min.	Max.	Moy.
		I. *Ongulés ruminants.*						
Bovinés :	Vache	16	–	–	–	0,32	0,50	0,41
Antilopinés :	Gazelle	4	–	–	–	0,495	1,10	0,72
Caprinés	Mouton	10	0,57	0,74	0,643	0,60	0,78	0,71
	Mouflon	10	0,36	1,08	0,72	0,45	1,18	0,835
Cervidés	Cerf Rusa	8	0,60	0,90	0,80	0,50	1	0,82
	Renne	4	0,70	0,90	0,80	0,73	0,95	0,84
Camélidés :	Lama	4	0,43	0,80	0,65	0,55	0,82	0,71
		II. *Ongulés non ruminants.*						
Suidés :	Sanglier	4	0,26	0,38	0,31	0,40	0,50	0,45
Équidés	Cheval	4	–	–	–	0,48	0,50	0,49
	Zèbre de Grévy	2	0,38	0,46	0,42	0,40	0,50	0,45

En second lieu nous avons effectué le dosage de l'azote total non protéique, par la microméthode de Parnas et Wagner, celui du composé purique par la microméthode colorimétrique de Folin et Denis ([1]).

Les résultats de ces recherches sont indiqués dans le Tableau II.

([1]) D'après Török, le sérum d'un Boviné, tel que la génisse, ne contiendrait pas d'acide urique libre, qui serait localisé exclusivement dans les érythrocytes, mais un complexe (substance X de Buhner) détruit par chauffage en milieu alcalin. Des études en cours nous permettront de préciser ce point particulier.

TABLEAU II. — *Teneur du sérum en azote non protéique et acide urique.*
(Résultats exprimés en grammes par litre.)

Famille.	Nombre d'animaux.	Azote non protéique. Min.	Max.	Moyen.	Acide urique. Min.	Max.	Moyen.
		I. *Ongulés ruminants.*					
Bovinés : Vache	16	–	–	–	Tr. Ind.	0,038	0,00237
Antilopinés : Gazelle	4	0,012	0,072	0,041	Tr. Ind.	0,068	0,030
Caprinés { Mouton	10	0,020	0,036	0,028	0,009	0,016	0,0117
Caprinés { Mouflon	10	0,012	0,072	0,041	0,007	0,0275	0,0141
Cervidés { Cerf Rusa	8	0,034	0,060	0,045	0,009	0,016	0,0115
Cervidés { Renne	4	0,050	0,053	0,05	0,009	0,0275	0,0135
Camélidés : Lama	4	–	–	–	0,015	0,0165	0,0159
		II. *Ongulés non ruminants.*					
Suidés : Sanglier	4	–	–	–	0,0085	0,0135	0,011
Équidés : Zèbre de Grévy	2	–	–	–	–	0,0267	0,0267

Ces recherches permettent de formuler les conclusions suivantes :

1° La teneur en urée du sérum des Ongulés *non ruminants* est sensiblement constante pour une même espèce animale et inférieure à $0^g,50$ par litre.

2° La teneur en urée du sérum des Ongulés *ruminants* présente de grandes variations d'un animal à l'autre. Elle est voisine de $0^g,40$ chez les Bovinés et atteint $0^g,70$ par litre chez les Caprinés, les Cervidés et les Camélidés.

3° La teneur du sérum en acide urique est très faible par rapport à celle du sérum humain chez tous les Ongulés examinés.

4° La teneur du sérum en azote total non protidique, voisine de celle de l'homme chez les Ongulés à azotémie faible, s'élève chez les animaux hyperazotémiques.

IMMUNOLOGIE. — *Traitement de la morve des Équidés.*

Note de M. **René Legroux**, présentée par M. Emmanuel Leclainche.

Nous avons à plusieurs reprises [1], en collaboration avec Kemal Djemil et Colette Jéramec, étudié les produits solubles d'autolysats des corps

[1] *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 1117; 194, 1932, p. 319.

bactériens; nous les avons détoxiqués par l'action combinée du formol et de la chaleur; ces produits ont été nommés par nous *anabactériens*. Nous les avons utilisés pour l'homme dans les infections à staphylocoque, à bacille du côlon; pour les animaux, nous avons préparé, en partant des cultures de bacilles morveux, le produit anamorve qui nous a permis la vaccination du cobaye contre la maladie expérimentale (*loc. cit.*, 1932) et, fait curieux, nous avons, grâce aux injections d'anamorve, obtenu la guérison des cobayes morveux 4 jours avant la mort des animaux témoins qui survient entre le 8e et 11e jour après l'inoculation.

Depuis 4 années, tout en continuant nos recherches sur la morve expérimentale, il ne nous avait pas été possible d'étudier la maladie spontanée. Un récent voyage en Asie nous en a donné l'occasion. Il s'agit d'une maladie très répandue, puisque dans certaines localités 20 à 25 chevaux sur 100 sont morveux, reconnus soit par l'épreuve à la malléine, soit parce qu'ils sont porteurs de lésions de morve.

L'injection de 1^{cm^3} ou 3^{cm^3} ou 5^{cm^3} d'anamorve sous la peau d'un cheval sain ne produit aucune réaction locale ou générale; mais, si l'animal est atteint de la maladie, le lieu d'inoculation présente dès la 6e ou 8e heure un gonflement œdémateux de 12 à 15^{cm} de diamètre sur 1 à 2^{cm} d'épaisseur; à la périphérie de l'œdème, les vaisseaux lymphatiques font saillie sous forme de cordes, jusqu'à parfois 15 à 20^{cm} du lieu d'injection.

Cet œdème persiste pendant 48 heures, et le 3e jour il ne reste que quelques cordes lymphatiques les plus éloignées du point d'inoculation.

Lorsqu'un cheval qui a réagi fortement à la malléine est mis au repos et semble être guéri, aucune réaction ne suit l'injection d'anamorve.

En même temps que la réaction locale au point d'injection; il existe une réaction générale, que l'observation de la courbe thermique permet de suivre. Cette réaction survient 24 à 36 heures après l'injection; la température s'élève de 2° à 3° au-dessus de la normale, pour s'abaisser dès le lendemain.

Ces deux réactions, locale et générale, diminuent d'intensité après plusieurs séries d'injections.

Après un traitement d'une durée de 30 jours, consistant en 3 injections sous-cutanées à 48 heures d'intervalle, séparées par 8 jours de repos, les lésions externes suppurantes se sont cicatrisées : morve faciale, lymphangite, orchites, etc.

Au cours de ce traitement, nous avons observé des réactions focales qui

toutes ont été suivies d'une rapide guérison. Chez les animaux cliniquement morveux, on a vu survenir des périostites des membres, des orchites, des épistaxis, de la diarrhée. Chez les animaux déclarés morveux après épreuve à la malléine, l'anamorve a parfois amené l'apparition de *boutons* morveux dont la ponction a permis de constater le contenu d'aspect caractéristique d'*huile de farcin*; il a été facile d'en isoler en culture pure le bacille de la morve; ces lésions, comme celles survenues chez les animaux cliniquement morveux, se sont cicatrisées en moins de 8 jours.

Nous avons eu, grâce à MM. Rastegar et Chams, la possibilité de traiter 12 chevaux cliniquement morveux et plus de 100 animaux à réaction nettement positive à la malléine. Tous les cliniquement morveux ont été, au plus tard après 6 semaines de traitement, rendus au service normal.

Il nous semble que l'œdème engendré par l'anamorve pourrait être à l'origine d'une immunité dont l'avenir nous dira la valeur et la durée.

PHYSIOLOGIE PATHOLOGIQUE. — *Les variations de la chronaxie sous l'influence des éclairages colorés dans les torticolis spasmodiques.* Note de MM. **Georges Bourguignon** et **Marcel Monnier**, présentée par M. Arsène d'Arsonval.

Dans les spasmes de toute nature, ainsi que l'un de nous l'a démontré [1], la chronaxie est normale dans les muscles atteints de spasme et augmentée dans leurs antagonistes. Dans le cas particulier du torticolis spasmodique, la chronaxie est normale dans le trapèze cervical et le sterno-cleïdo-mastoïdien du côté du spasme, et augmentée dans les mêmes muscles du côté opposé : c'est la rupture d'équilibre du tonus des deux côtés qui entraîne la contraction spasmodique des muscles normaux et le rapport de tonus des deux côtés est exprimé par le rapport des chronaxies.

Au cours de recherches cliniques en cours, l'un de nous a observé qu'en faisant regarder le malade à travers des verres colorés, le spasme diminue quand les verres colorés sont verts et augmente quand ils sont rouges.

Nous avons recherché si cette modification du spasme s'accompagnait ou non de modifications des chronaxies des deux côtés et de leur rapport.

---

(1) G. Bourguignon, *Revue Neurologique*, 1, vi, juin 1929, p. 1038 à 1041.

Nos expériences ont porté sur deux sujets atteints de torticolis spasmodique, dit *mental*, typique. Sur chacun de ces sujets, les expériences ont été répétées à plusieurs reprises, à des jours différents et ont toujours donné les mêmes résultats.

Technique. — Dans chaque expérience, on commence par mesurer la chronaxie des deux côtés.

Chez les deux sujets, nous avons étudié le trapèze cervical.

Après avoir déterminé la chronaxie avant l'expérience, on place devant les yeux du sujet des lunettes vertes ou des lunettes rouges. Nous avons veillé à employer des verres verts et des verres rouges de même luminosité.

Pendant l'application des verres colorés, on mesure la chronaxie alternativement à droite et à gauche. Chaque mesure demande de 2 à 4 minutes. L'expérience se poursuit ainsi pendant un temps qui a varié de 25 minutes à 1 heure et demie. Dans quelques expériences, nous avons continué à prendre les chronaxies après l'enlèvement des verres colorés.

Après avoir retrouvé l'augmentation de la chronaxie du côté non spasmodique avec chronaxie normale du côté spasmodique, nous avons constaté que, d'un jour à l'autre, de petites variations de la chronaxie accompagnent de petites variations spontanées de l'intensité du spasme.

Par application des verres verts, nous avons toujours trouvé l'égalisation de la chronaxie des deux côtés, soit par variation exclusive du côté non spasmodique, soit par variation inverse des deux côtés : *cette égalisation des chronaxies accompagne la détente du spasme.*

Au contraire, avec les verres rouges, la différence entre les chronaxies des deux côtés s'accentue, tantôt par variation exclusive du côté non spasmodique, dont la chronaxie augmente, tantôt par variation inverse des deux côtés : *la différence entre les chronaxies des deux côtés augmente et cette variation accompagne l'augmentation du spasme.*

Après l'enlèvement des verres colorés, la chronaxie revient à ses valeurs initiales en 10 à 25 minutes.

Lorsqu'on mesure les chronaxies plusieurs heures après l'application des verres verts, on trouve les mêmes valeurs que sans verre. L'action que nous avons observée est donc passagère.

Enfin, nous avons, chez un des sujets, cherché si la suppression de toute lumière avait une influence. En faisant fermer les yeux du sujet, *on n'observe aucune variation.*

A titre d'exemple, voici le résumé des résultats obtenus dans une expérience avec verres verts et une expérience avec verres rouges chez un de nos sujets.

Mme V. L..., 41 ans. Torticolis spasmodique dit *mental* typique par spasme du côté droit :

Expériences sur le trapèze cervical. Chronaxies exprimées en 1/1000e de secondes (σ).

	Valeurs initiales.	Rapport.	Valeurs terminales.	Rapport.	Variation pour 100.	Valeurs (¹).	Rapport.
1° *Action des verres verts.* (Expérience du 20 janvier 1936. Durée 60 minutes.)							
	σ		σ			σ	
Côté non spasmodique.	0,20	2,5	0,13	1	34	0,21	2,1
Côté spasmodique....	0,08		0,13		60	0,10	
2° *Action des verres rouges.* (Expérience du 27 janvier 1936. Durée 1 heure 30 minutes.)							
Côté non spasmodique.	0,21	2,6	0,35	4,4	67	0,21	2,6
Côté spasmodique....	0,08		0,08		0	0,08	

Chronaxies normales : $0^{\sigma},06$ à $0^{\sigma},14$.

Conclusions. — De ces expériences, on peut tirer les conclusions suivantes :

1° La lumière verte a une action calmante et la lumière rouge a une action irritante sur le torticolis spasmodique dit *mental*.

Cette action confirme les observations antérieures, telles que celles qui ont été faites dans les établissements Lumière sur l'action excitante de la lumière rouge chez les ouvriers travaillant dans cet éclairage.

2° L'intensité du spasme varie parallèlement à la variation du rapport de la plus grande à la plus petite chronaxie, et les lumières colorées paraissent agir plutôt sur ce rapport que sur la valeur abolue de la chronaxie de chaque côté pris isolément.

3° Cette action ne peut être rapportée qu'à la longueur d'onde et non à la luminosité.

4° Elle est passagère et, au bout d'un certain temps, l'accoutumance la fait disparaître.

5° Cette action sur la chronaxie périphérique par l'intermédiaire des centres optiques, ne peut s'expliquer que par une *répercussion* réflexe des centres optiques sur les centres moteurs, qui agissent à leur tour sur la chronaxie périphérique. Elle démontre l'origine centrale du torticolis spasmodique et est un exemple de plus de l'action des centres sur la chronaxie que l'un de nous a démontrée pour la première fois dès 1921.

(¹) 10 minutes après enlèvement des verres.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Vaccination contre la peste aviaire avec du virus irradié par les rayons X.* Note de MM. **Baruch Samuel Levin** et **Iwo Lominski**, présentée par M. Charles Achard.

Nous avons signalé [1] l'atténuation subie par le virus de la peste aviaire, irradié à plus de 1 500 000 *r*. Nous nous sommes demandé si le virus atténué conférait aux animaux une immunité contre le virus virulent. Nous avons suivi, pour les expériences effectuées et dont nous allons donner les résultats ci-dessous, la technique décrite dans la Note à laquelle il a été fait allusion.

Injectons à un coq une quantité de sang infectieux correspondant à 5 000 000 de doses mortelles, mais qui a été préalablement irradié avec 1 500 000 *r* à 2 000 000 *r*. L'animal, au lieu de succomber comme les témoins, présente une maladie très atténuée. L'appétit diminue, la température s'élève, les selles sont normales. Cet état dure 24 heures à 48 heures puis les animaux se rétablissent parfaitement. Aucun de nos animaux inoculés n'a succombé. Plus le virus de la peste aviaire est exposé aux rayons X, plus la maladie provoquée par ce virus est atténuée au point de disparaître complètement quand la dose de rayons est d'environ 3 000 000 *r*.

Dix jours après l'injection du virus irradié nous avons éprouvé les animaux avec du virus virulent. Ces expériences nous ont conduit aux conclusions suivantes :

1° Les animaux injectés avec du virus irradié entre 1 500 000 *r* et 2 000 000 *r* ont acquis une immunité prononcée.

2° Les animaux ayant reçu une seule injection de virus irradié (quantité correspondante à 5 000 000 de doses mortelles), supportent facilement 200 doses mortelles de virus virulent.

3° Les animaux immunisés par trois injections de virus atténué à 10 jours d'intervalle tolèrent à l'épreuve jusqu'à 1000 doses mortelles. L'immunité peut être poussée plus loin si l'on se sert pour la deuxième et troisième injection de virus de moins en moins atténué ou bien de virus virulent dilué.

4° Lorsque la dose d'épreuve est trop forte, l'animal succombe; mais la période d'incubation de la maladie est plus longue que celle des témoins.

---

(1) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 287.

5° Les animaux ayant reçu du virus irradié avec 3 000 000 *r* ne sont pas immunisés.

Nous insistons sur ce fait que l'immunité ne s'observe qu'après l'injection de virus irradié avec une dose optima, dont les limites sont étroites. Irradié trop peu, le virus tue encore l'animal; une dose de rayons X trop élevée détruit le virus ou lui enlève ses propriétés immunisantes. Les doses roentgeniennes que nous indiquons se rapportent uniquement aux conditions de nos expériences; il y aurait donc lieu dans chaque cas de procéder à un nouveau titrage entre la dose de faible atténuation et celle de destruction du virus, de façon à déterminer la zone de vaccin.

M. **Michel Nahas** (¹) adresse une Note sur *L'effet de bord et la stabilité de l'univers*.

Le déplacement vers le rouge des raies des spectres des nébuleuses s'expliquerait, d'après lui, par la présence d'électrons dans l'espace interstellaire, et l'on pourrait comprendre ainsi qu'il soit, en gros, proportionnel à la distance qui nous sépare des nébuleuses.

La séance est levée à 15h15m.

A. Lx.

(¹) Séance du 20 juillet 1936.

ERRATA.

—

(Séance du 29 juin 1936.)

Note de M. *Wolfgang Dœblin*, Sur les chaînes discrètes de Markoff :

Page 25, ligne 11 en remontant, *au lieu de* $\sqrt{2\sigma_i^2 n(\log 2n + c\log 3n)}$, *lire* $\sqrt{2\sigma_i^2 n(\log_2 n + c\log_3 n)}$; ligne 8 en remontant, *au lieu de* $\mathcal{E}[X^{(1)} + \ldots + X^{(n)}] \approx n$ *lire* $\mathcal{E}[X^{(1)} + \ldots + X^{(n)}] \approx \alpha^{-}n$.

(Séance du 6 juillet 1936.)

Note de MM. *S. Mandelbrojt* et *Norbert Wiener*, Sur les séries de Fourier lacunaires. Théorèmes directs :

Page 35, dans la formule donnant $F(z)$, *au lieu de* $n < N$, *lire* $n > N$; dans la formule (1), *lire*

$$|\Phi_\alpha(x)| < B_{\sigma'} e^{-A(|x|\alpha)^{\frac{1}{\vartheta}} + x\sigma'}.$$

Page 36, ligne 7, à la fin de la formule, *lire* $O\left(e^{\alpha^{\frac{-\sigma'}{1-\sigma'\vartheta}}}\right)$.

(Séance du 15 juillet 1936.)

Note de M. *Gabriel Bertrand*, Sur la xylite pentacétique :

Page 143, ligne 24, *au lieu de* acide pentacétique, *lire* ester pentacétique.
Page 144, ligne 5, *au lieu de* ester, de la xylite, *lire* ester de la xylite.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 3 AOUT 1936.

PRÉSIDENCE DE M. EMMANUEL LECLAINCHE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** a le regret d'annoncer à l'Académie le décès de Sir **Arnold Theiler**, Correspondant pour la Section d'Économie rurale et auteur d'admirables travaux sur les maladies tropicales des animaux.

M. le **Président** annonce à l'Académie que la séance publique annuelle aura lieu le lundi 21 décembre.

M. le **Secrétaire perpétuel** annonce à l'Académie que le tome 201 (juillet-décembre 1935) des *Comptes rendus* est en distribution au Secrétariat.

M. **A. Gosset** fait hommage à l'Académie de l'Ouvrage qu'il vient de publier, avec de nombreux collaborateurs, sous le titre *Techniques chirurgicales*.

NOMINATIONS.

M. **Charles Fabry** est désigné pour faire une Lecture dans la séance publique solennelle du 25 octobre 1936.

ÉLECTIONS.

Par l'unanimité de 21 suffrages sont élus Membres des Comités techniques de la *Caisse nationale de la Recherche scientifique :*

1° Comité du Matériel et des Laboratoires.

Première Commission (Biologie-Médecine) : MM. **H. Vincent** (Médecine et Chirurgie), **L. Bouvier** (Anatomie et Zoologie), **E. Leclainche** (Économie rurale), **M. Molliard** (Botanique).

Deuxième Commission (Sciences mathématiques et expérimentales) : MM. **L. Cayeux** (Minéralogie), **G. Bertrand** (Chimie), **J. Perrin** (Physique générale), **E. Picard** (représentant des quatre premières sections).

2° Comité des Subventions pour publications savantes.

Première Commission (Sciences mathématiques et expérimentales) : M. **E. Picard**.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Honorio da C. Monteiro filho. *Monographia das Malvaceas brasileiras*. Fasc. I. *O genero* Sida. 1ª Parte : *Chave das Especies Sul Americanas e Novidades brasileiras*.

2° Adam Drath. *Lignite de la mine « Zygmunt », à Poreba près Zawiercie* (en langue polonaise).

STATISTIQUE. — *Les distances extrêmes entre les émissions radioactives.* Note (¹) de M. **Emil-J. Gumbel**, présentée par M. Émile Borel.

Les distances x entre les émissions radioactives suivent une distribution $w(x)$ exponentielle

$$w(x) = \beta e^{-\beta x}, \quad (1)$$

(1) Séance du 6 juillet 1936.

où β est de la nature d'une constante de désintégration, et $1:\beta$ la distance moyenne. D'après la théorie de la plus grande valeur ([1]), la dominante $\tilde{u}_N$ de la plus grande parmi N distances est

$$\tilde{u}_N = \frac{1}{\beta}\log N. \tag{2}$$

La distribution finale $\mathfrak{w}(x)$ des plus grandes distances et la probabilité $\mathfrak{W}(x)$ de la plus grande distance d'être inférieur à x sont

$$\mathfrak{w}(x) = \beta e^{-y-e^{-y}}, \qquad \mathfrak{W}(x) = e^{-e^{-y}}, \tag{3}$$

où

$$y = \beta(x - \tilde{u}). \tag{4}$$

L'espérance mathématique $\bar{u}$ de la plus grande distance et l'écart type σ, valeur indépendante du nombre d'observations, sont

$$\bar{u} = \tilde{u} + \frac{0,57722}{\beta}, \qquad \sigma = \frac{\pi}{\sqrt{6}\beta}. \tag{5}$$

Pour contrôler cette théorie, M. Chevalier a fait de nombreuses observations sur le polonium. Les particules α entrant dans une chambre d'ionisation y produisaient une décharge électrique qui, amplifiée, passait un relais. Un petit marteau dégagé par le relais donnait pour chaque particule une empreinte sur une bande de papier de longueur L, roulant à une vitesse constante ([2]).

Les intervalles $N - N_1$ inférieurs à x_1 échappaient à l'observation. On calcule donc β et le nombre total N à l'aide de

$$\beta_1 = \frac{N_1}{L} = \beta e^{-\beta x_1}; \qquad N = N_1 e^{\beta x_1}. \tag{6}$$

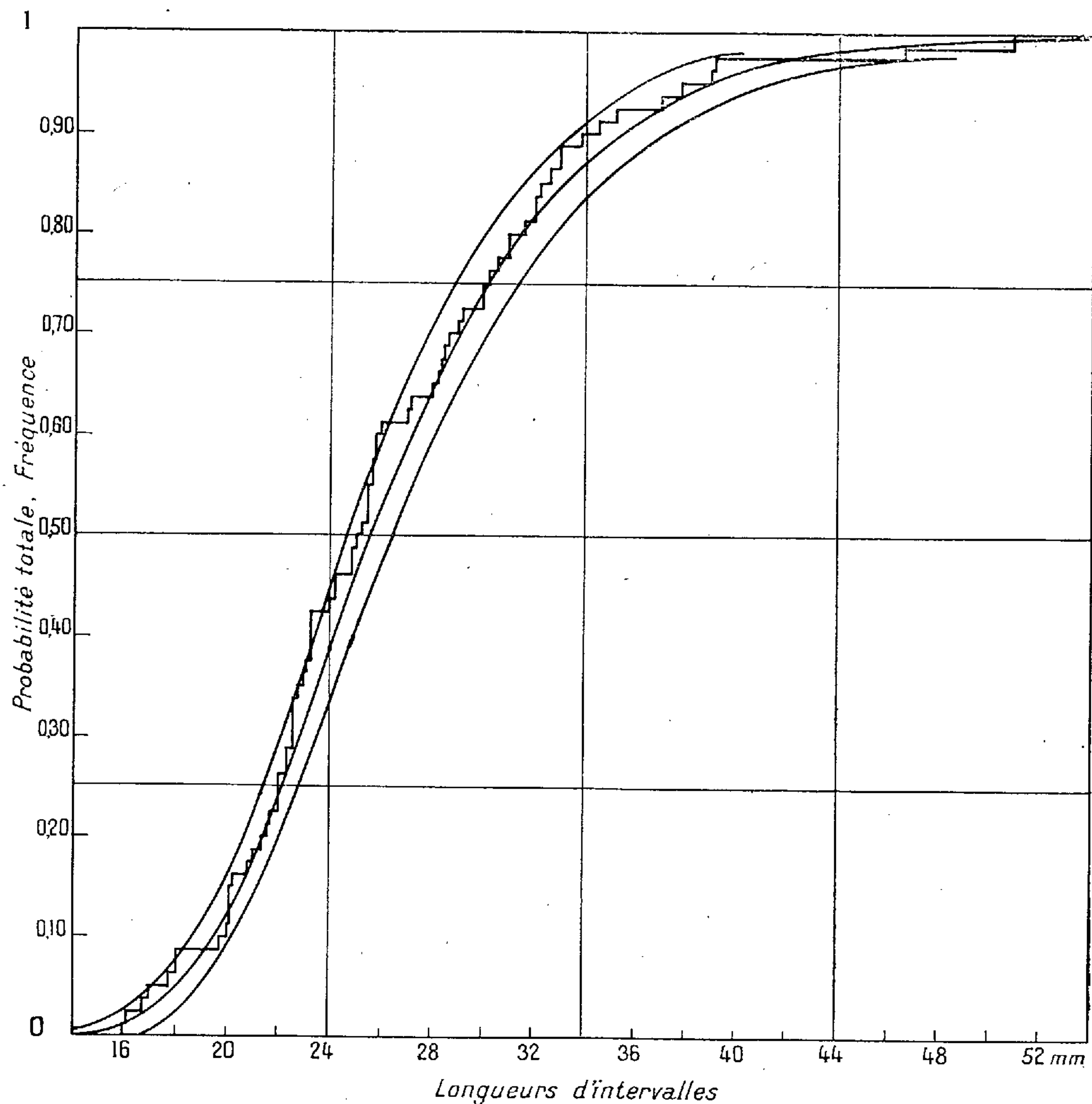
Les observations faites pendant 41′ donnaient $N_1 = 8450$; $L = 47930^{mm}$ et $x_1 = 1/25$ sec. ce qui mène à $\beta = 0,20720$ mesurée en mm^{-1} et $N = 9931$.

Le plus grand intervalle observé était $50^{mm},8$ tandis que les formules (2) et (5) mènent à $47^{mm},20$ avec un écart type de $6^{mm},19$. Les 8450 distances observées furent séparées en $k = 80$ groupes à 105 distances. Dans chacun on mesurait la plus grande distance. La courbe en échelle de la figure

([1]) *Annales de l'Institut Henri Poincaré*, 4, II, 1935, p. 115.

([2]) Un dispositif analogue a été décrit par MM. S. Rosenblum et P. Chevalier, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1484.

contient ces distances rangées d'après leurs grandeurs. Pour obtenir la probabilité correspondante (3) on calcule la moyenne arithmétique des plus grandes distances observées $\bar{u} = 26,264$, dont on tire, à l'aide de (5),



Probabilités totales et fréquences observées des plus grandes distances radioactives pour 80 groupes de 105 distances contrôlées à l'aide des écarts types.
╲ Probabilités totales. _⌐‾ Fréquences observées.

la dominante $\tilde{u} = 23,478$ de la distribution $\mathfrak{w}(x)$. Le calcul de l'écart type de la répartition observée des plus grandes distances donnait $\sigma = 6,514$, ce qui sert de contrôle. En effet la valeur $\beta = 0,19688$ calculée d'après (5) est sensiblement égale à la valeur tirée de toutes les distances. Pour

contrôler les fréquences des plus grandes distances, on calcule, d'après (4), à l'aide d'une table des valeurs $\mathfrak{W}(x)$, les plus grandes distances correspondantes, par

$$x = 23,478 + 4,826 y. \tag{4'}$$

Ces valeurs sont tracées dans la courbe au milieu. Pour juger de l'accord entre la théorie et les observations, nous avons calculé les écarts types des valeurs théoriques x. Considérons x comme une $m^{\text{ième}}$ valeur d'en bas de la fréquence $\mathfrak{W}(x)$. Alors son écart type est, d'après M. Eyraud [1],

$$s = \frac{1}{\mathfrak{w}(x)} \sqrt{\frac{\mathfrak{W}(x)\,[1 - \mathfrak{W}(x)]}{k}}, \tag{7}$$

fonction de y, procédé qui est valable tant que m n'est ni trop petit ni de l'ordre de grandeur k. Nous avons ajouté et retranché ces valeurs aux valeurs x, ce qui mène à deux courbes dans lesquelles doivent être contenues les fréquences observées.

Le bon accord entre les fréquences et les probabilités prouve que les distances extrêmes entre les émissions radioactives suivent bien la théorie de la plus grande valeur.

ÉLASTICITÉ. — *Sur quelques problèmes de l'élasticité des corps anisotropes.* Note [2] de M. **S. Lechnitski**, transmise par M. Élie Cartan.

1. Supposons un corps anisotrope homogène en état d'équilibre élastique, ayant un plan d'élasticité symétrique. En prenant pour plan de coordonnées XOY le plan de symétrie nous avons pour la loi de Hooke les équations suivantes :

$$\left\{\begin{aligned} e_{xx} &= a_{11}X_x + a_{12}Y_y + a_{13}Z_z + a_{16}X_y,\\ e_{yy} &= a_{12}X_x + a_{22}Y_y + a_{23}Z_z + a_{26}X_y,\\ e_{zz} &= a_{13}X_x + a_{23}Y_y + a_{33}Z_z + a_{36}X_y,\\ e_{xy} &= a_{16}X_x + a_{26}Y_y + a_{36}Z_z + a_{66}X_y,\\ e_{yz} &= a_{44}Y_z + a_{45}X_z,\\ e_{xz} &= a_{45}Y_z + a_{55}X_z. \end{aligned}\right. \tag{1.1}$$

Si le corps est soumis à une déformation plane ou à des tensions planes,

(1) *Giorn. dell'Istituto Italiano degli Attuari*, 6, III, Rome, 1935, p. 243.

(2) Séance du 27 juillet 1936.

les tensions X_x, Y_y, X_y peuvent être exprimées (en négligeant le rôle du poids du corps) à l'aide de la fonction d'Airy $\mathcal{F}(x, y)$

$$(1.2) \qquad X_x = \mathcal{F}''_{yy}, \qquad Y_y = \mathcal{F}''_{xx}, \qquad X_y = -\mathcal{F}''_{xy}.$$

La fonction $\mathcal{F}$ satisfait à l'équation

$$(1.3) \quad \beta_{22}\mathcal{F}^{\text{IV}}_{xxxx} - 2\beta_{26}\mathcal{F}^{\text{IV}}_{xxxy} + (2\beta_{12}+\beta_{66})\mathcal{F}^{\text{IV}}_{xxyy} - 2\beta_{16}\mathcal{F}^{\text{IV}}_{xyyy} + \beta_{11}\mathcal{F}^{\text{IV}}_{yyyy} = 0,$$

où dans le cas des tensions planes β_{ik} sont les coefficients des équations (1.1), dans le cas des déformations planes $\beta_{ik} = (a_{ik}a_{33} - a_{i3}a_{k3}) : a_{33}$.

La forme générale de $\mathcal{F}$ est

$$(1.4) \qquad \mathcal{F} = \mathcal{F}_1(z_1) + \mathcal{F}_2(z_2) + \overline{\mathcal{F}}_1(\bar{z}_1) + \overline{\mathcal{F}}_2(\bar{z}_2),$$

où $\mathcal{F}_1$ et $\mathcal{F}_2$ sont des fonctions analytiques arbitraires des variables $z_1 = x + \mu_1 y$, $z_2 = x + \mu_2 y$; μ_1, μ_2 sont les racines des équations

$$(1.5) \qquad \beta_{11}\mu^4 - 2\beta_{16}\mu^3 + (2\beta_{12}+\beta_{66})\mu^2 - 2\beta_{26}\mu + \beta_{22} = 0.$$

Ces racines, comme nous l'avons démontré [1], sont complexes, soit $\mu_1 = \alpha + \beta i$, $\mu_2 = \gamma + \delta i$.

Posant $\mathcal{F}'_1(z_1) = \Phi_1(z_1)$, $\mathcal{F}'_2(z_2) = \Phi_2(z_2)$ nous obtenons les dérivées en x et y, les tensions X_x, Y_y, X_y et les déplacements u, v sous la forme

$$(1.6) \qquad \mathcal{F}'_x = 2\mathcal{R}[\Phi_1(z_1) + \Phi_2(z_2)], \qquad \mathcal{F}'_y = 2\mathcal{R}[\mu_1\Phi_1(z_1) + \mu_2\Phi_2(z_2)];$$

$$(1.7) \qquad \begin{cases} X_x = 2\mathcal{R}[\mu_1^2\Phi'_1(z_1) + \mu_2^2\Phi'_2(z_2)], \qquad Y_y = 2\mathcal{R}[\Phi'_1(z_1) + \Phi'_2(z_2)], \\ X_y = -2\mathcal{R}[\mu_1\Phi'_1(z_1) + \mu_2\Phi'_2(z_2)]; \end{cases}$$

$$(1.8) \qquad \begin{cases} u = 2\mathcal{R}[p_1\Phi_1(z_1) + p_2\Phi_2(z_2)] + Cy + C_1, \\ v = 2\mathcal{R}[q_1\Phi_1(z_1) + q_2\Phi_2(z_2)] - Cx + C_2. \end{cases}$$

C, C_1, C_2 étant des constantes arbitraires, et

$$p_1 = \beta_{11} + \beta_{12}\mu_1^2 - \beta_{16}\mu_1, \qquad p_2 = \beta_{11} + \beta_{12}\mu_2^2 - \beta_{16}\mu_2,$$
$$q_1 = (\beta_{12} + \beta_{22}\mu_1^2 - \beta_{26}\mu_1) : \mu_1, \qquad q_2 = (\beta_{12} + \beta_{22}\mu_2^2 - \beta_{26}\mu_2) : \mu_2.$$

2. Considérons $\Phi_1(z_1)$, $\Phi_2(z_2)$ comme fonctions analytiques des variables complexes $x_1 + iy_1$, $x_2 + iy_2$, où x_1, y_1 et x_2, y_2 sont liées aux anciennes variables par les équations

$$(2.1) \qquad \begin{cases} x_1 = x + \alpha y, \qquad y_1 = \beta y, \\ x_2 = x + \gamma y, \qquad y_2 = \delta y. \end{cases}$$

---

[1] S. Lechnitski, *Quelques problèmes plans de l'élasticité des corps anisotropes. Méthodes expérimentales pour déterminer les tensions et déformations*, Leningrad, 1935, p. 155-156.

Au domaine S du corps examiné, limité par le contour L, correspondent dans les plans des variables complexes $x_1 + iy_1$, $x_2 + iy_2$ deux domaines S_1 et S_2, limités par les contours L_1 et L_2.

Si les tensions normales X_n, Y_n sont données sur le contour, on peut écrire les conditions aux limites sous la forme [1]

$$(2.2) \qquad F'_x = f_1(x', y') + a', \qquad F'_y = -f_2(x', y') + a'',$$

où

$$(2.3) \qquad \begin{cases} 2\mathcal{R}[\quad \Phi_1(z'_1) + \quad \Phi_2(z'_2)] = \quad f_1(x', y') + a', \\ 2\mathcal{R}[\mu_1\Phi_1(z'_1) + \mu_2\Phi_2(z'_2)] = -f_2(x', y') + a'', \end{cases}$$

x', y' sont les coordonnées des points des contours L

$$z'_1 = x'_1 + iy'_1 = x' + \mu_1 y', \qquad z'_2 = x'_2 + iy'_2 = x' + \mu_2 y',$$

a', a'' sont des constantes arbitraires

$$f_1(x', y') = \pm \int Y_n \, ds, \qquad f_2(x', y') = \pm \int X_n \, ds.$$

L'intégration se fait le long du contour L; le signe + vaut pour le problème intérieur, le signe − pour le problème extérieur de l'élasticité plane.

Si l'on donne les déplacements au contour les conditions limites seront exprimées de forme analogue.

BALISTIQUE. — *Sur la solution des équations différentielles du mouvement pendulaire du projectile.* Note [2] de M. **Kyrille Popoff**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Nous avons régularisé [3] les équations de Mayevski-Burzio en les ramenant à des systèmes d'équations différentielles linéaires à coefficients réguliers sur toute la trajectoire. L'intégration de ces équations peut être poursuivie de différentes manières par le théorème de Poincaré sur les intégrales considérées comme fonctions des paramètres qui y figurent, sans faire d'hypothèses sur la grandeur de l'écart.

Ainsi, par exemple, le système (III) peut s'écrire en mettant Q sous la

---

(1) N. Mousheлichvili, *Quelques problèmes de l'élasticité*. Édition de l'Académie des Sciences d'U. R. S. S., 1935, p. 136.

(2) Séance du 15 juillet 1936.

(3) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 295.

forme $Q = m + q$, et en introduisant un paramètre ε, sous la forme

$$\text{(III)} \qquad \frac{dx}{d\tau} = my + \varepsilon q y, \qquad \frac{dy}{d\tau} = -mx + z - \varepsilon q x, \qquad \frac{dz}{d\tau} = -y.$$

Pour $\varepsilon = 1$ on a les équations de la Balistique. C'est un système d'équations linéaires homogènes à coefficients réguliers sur la trajectoire balistique et dont les seconds membres sont fonctions entières de ε. Par conséquent les intégrales x, y, z sont des fonctions entières sur les trajectoires balistiques et peuvent être développées en série suivant les puissances entières et positives de ε et ces développements seront convergents pour toute valeur finie de ε. Pour $\varepsilon = 1$ on aura les séries balistiques. On aura ainsi

$$x = x_0 + \varepsilon x_1 + \varepsilon^2 x_2 + \ldots, \qquad y = y_0 + \varepsilon y_1 + \varepsilon^2 y_2 + \ldots, \qquad z = z_0 + \varepsilon z_1 + \varepsilon^2 z_2 + \ldots,$$

En substituant ces séries dans les équations (III) on obtient les systèmes d'équations différentielles linéaires suivants :

$$(\mathrm{A}_0) \qquad \begin{cases} \dfrac{dx_0}{d\tau} = m y_0, \\[2mm] \dfrac{dy_0}{d\tau} = -m x_0 + z_0, \\[2mm] \dfrac{dz_0}{d\tau} = -y_0; \end{cases}$$

$$(\mathrm{A}_n) \qquad \begin{cases} \dfrac{dx_n}{d\tau} = m y_n + q y_{n-1}, \\[2mm] \dfrac{dy_n}{d\tau} = -m x_n + z_n - q x_{n-1}, \\[2mm] \dfrac{dz_n}{d\tau} = -y_n, \end{cases}$$

qu'on intègre facilement et qui donnent

$$x_0 = \frac{a + cm}{1 + m^2} - \frac{(c - am)m}{1 + m^2} \cos\sqrt{1 + m^2}(\tau - \tau_0) + \frac{bm}{\sqrt{1 + m^2}} \sin\sqrt{1 + m^2}(\tau - \tau_0),$$

$$y_0 = \frac{(c - am)}{\sqrt{1 + m^2}} \sin\sqrt{1 + m^2}(\tau - \tau_0) + b \cos\sqrt{1 + m^2}(\tau - \tau_0);$$

$$z_0 = \frac{(a + cm)m}{1 + m^2} + \frac{c - am}{1 + m^2} \cos\sqrt{1 + m^2}(\tau - \tau_0) - \frac{b}{\sqrt{1 + m^2}} \sin\sqrt{1 + m^2}(\tau - \tau_0).$$

L'intégration des équations (A_n) par la méthode de la variation des constantes d'intégration nous donne des expressions pour x_1, x_2, ..., aussi simples que les expressions ci-dessus. Ici a, b, c sont les valeurs

initiales de x, y, z. Les intégrales ci-dessus, comme il est facile de le voir sur les équations différentielles mêmes, satisfont aux relations

$$x_0^2 + y_0^2 + z_0^2 = a^2 + b^2 + c^2, \qquad x_0 + m z_0 = a + m\tau,$$

par conséquent l'axe du projectile décrit un cône de révolution autour d'un axe dans le plan perpendiculaire du plan de la trajectoire et qui fait un angle avec la tangente de la trajectoire dépendant de a, b, c.

Sur le plan (x, y), le point (x_0, y_0) décrit une ellipse

$$\left(x - \frac{a + cm}{1 + m^2}\right)^2 + \frac{y^2 m^2}{1 + m^2} = \frac{(c - am)^2 m^2}{(1 + m^2)^2} + \frac{b^2 m^2}{1 + m^2},$$

dont le centre a les coordonnées $(a + cm/1 + m^2, 0)$ et dont les axes dépendent de (a, b, c), qu'on peut choisir de manière que ces axes deviennent nuls. Le cône décrit par l'axe du projectile dégénère alors dans une droite. On voit facilement que dans les conditions ordinaires du tir le centre s'éloigne de l'origine quand les axes de l'ellipse décroissent, ou autrement dit l'angle que fait l'axe de cône de révolution avec la tangente de la trajectoire augmente quand l'ouverture du cône diminue. En effet si l'on met $a + cm = k^2$ on aura $c - am = c(1 + m^2) - k^2$, ce qui démontre la proposition.

Pour un projectile qui part couché sur la trajectoire, on a $a = b = 0$, $c = 1$ et, pour un projectile dans la condition de stabilité dynamique ci-dessus, on a

$$a = \frac{1}{\sqrt{1 + m^2}}, \qquad b = 0, \qquad c = \frac{m}{\sqrt{1 + m^2}}.$$

Dans le cas où Q est très grand, on a avantage à considérer les équations

$$\frac{dx}{d\theta} = y, \qquad \frac{dy}{d\theta} = -x + \frac{z}{Q}, \qquad \frac{dz}{d\theta} = -\frac{y}{Q} \qquad \text{avec} \quad d\theta = Q\,d\tau, \qquad \theta = \int_{\tau_0}^{\tau} Q\,d\tau.$$

Ici encore on peut mettre Q sous la forme $Q = m + q$, où m est la valeur moyenne de Q et considérer les équations généralisées

$$\frac{dx}{d\theta} = y, \qquad \frac{dy}{d\theta} = -x + \varepsilon \frac{z}{m + \varepsilon q} = -x + \varepsilon \frac{z}{m}\left(1 - \varepsilon \frac{q}{m} + \varepsilon^2 \frac{q^2}{m^2} - \ldots\right),$$

$$\frac{dz}{d\theta} = -\frac{y}{m + \varepsilon q} = -\frac{y}{m}\left(1 - \varepsilon \frac{q}{m} + \varepsilon^2 \frac{q^2}{m^2} - \ldots\right),$$

qu'on peut intégrer par des séries de la forme $x = x_0 + \varepsilon x_1 + \varepsilon^2 x_2 + \ldots$, les équations donnent lieu à des considérations analogues. On obtient ici

pour x_0, y_0, z_0 les expressions suivantes :

$$x_0 = a\cos\theta + b\sin\theta,$$
$$y_0 = -a\sin\theta + b\cos\theta,$$
$$z_0 = a\frac{1-\cos\theta}{m} - \frac{b}{m}\sin\theta + c.$$

On a d'ailleurs $x_0^2 + y_0^2 = a^2 + b^2$ et par conséquent l'axe du projectile décrit un cône, presque de révolution autour de l'axe des z, c'est-à-dire autour de la tangente de la trajectoire.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Variation remarquable dans le spectre de γ Cassiopeiæ*. Note de M. **Daniel Chalonge**, présentée par M. Aymar de la Baume Pluvinel.

Cette étoile a fait l'objet de plusieurs études au cours de ces dernières années [1]. Alors qu'aucune variation de magnitude n'était signalée, on a mis en évidence des modifications dans la structure des raies de son spectre, notamment pour celles de l'hydrogène et de l'hélium ; on a étudié surtout les variations du rapport des intensités des deux composantes brillantes des premières raies de Balmer. Ces changements ont été importants depuis 1932 ; en 1935, Lockyer a observé un gros accroissement d'absorption au centre des raies de Balmer et l'apparition de la très forte raie 3888 de l'hélium en absorption.

Dans la nuit du 25 au 26 juillet dernier, à l'Observatoire de Paris, M. Baize a remarqué un accroissement appréciable d'éclat de γ Cass. Il était important de voir si ce changement n'était pas accompagné d'une modification du spectre. Je disposais pour cela d'un petit spectrographe astigmatique à prisme objectif à optique de quartz : cet appareil, qui a déjà été décrit, a été construit en vue de recherches spectrophotométriques [2].

Sa dispersion étant faible (longueur du spectre de H_β à 3000 Å : 30^{mm} environ), on ne pouvait espérer mettre en évidence que de gros changements dans le spectre. Par suite du mauvais temps, il ne fut possible

---

[1] Lockyer, *Monthly Notices*, 93, 1933-1934, p. 362 et 619 ; 95, 1934-1935, p. 520 ; 96, 1935-1936, p. 2 et 679. Cleminshaw, *Astrophy. Journal*, 83, 1936, p. 495.

[2] Barbier, Chalonge, Vassy, *Journal de Physique*, 6, 1935, p. 137. Arnulf, Barbier, Chalonge, Canavaggia, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1488.

d'observer que pendant deux nuits, d'ailleurs peu transparentes et nuageuses, du 30 au 31 juillet et du 1er au 2 août; de plus, la présence de la Lune ne permit que des poses courtes. Les spectres obtenus (sur plaques Ilford double-X Press) montrent un gros accroissement dans l'émission des raies de Balmer (dont la structure individuelle n'apparaît pas) les treize premières sont nettement visibles, en émission sauf H_ζ qui est sans doute masqué par la raie d'absorption 3888 de l'hélium. Les spectres de γ Cass. pris en 1934-35 avec le même appareil ne montraient que les 4 premières raies en émission : c'est seulement sur les enregistrements microphotométriques, que les raies suivantes apparaissaient, très faibles, à l'intérieur de larges raies d'absorption.

ONDES HERTZIENNES. — *Recherches expérimentales sur la propagation d'ondes électriques courtes de télévision* ($\lambda = 41^{m},5$, $\lambda' = 74^{m}$). Note (1) de M. **René Rivault**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous indiquions en 1934 (2) des dispositifs permettant d'émettre, recevoir et photographier les ondes de télévision. Depuis, après divers perfectionnements, nous mesurons des retards de propagation variant de 10^{-2} à 10^{-4} seconde, à 3.10^{-5} seconde près.

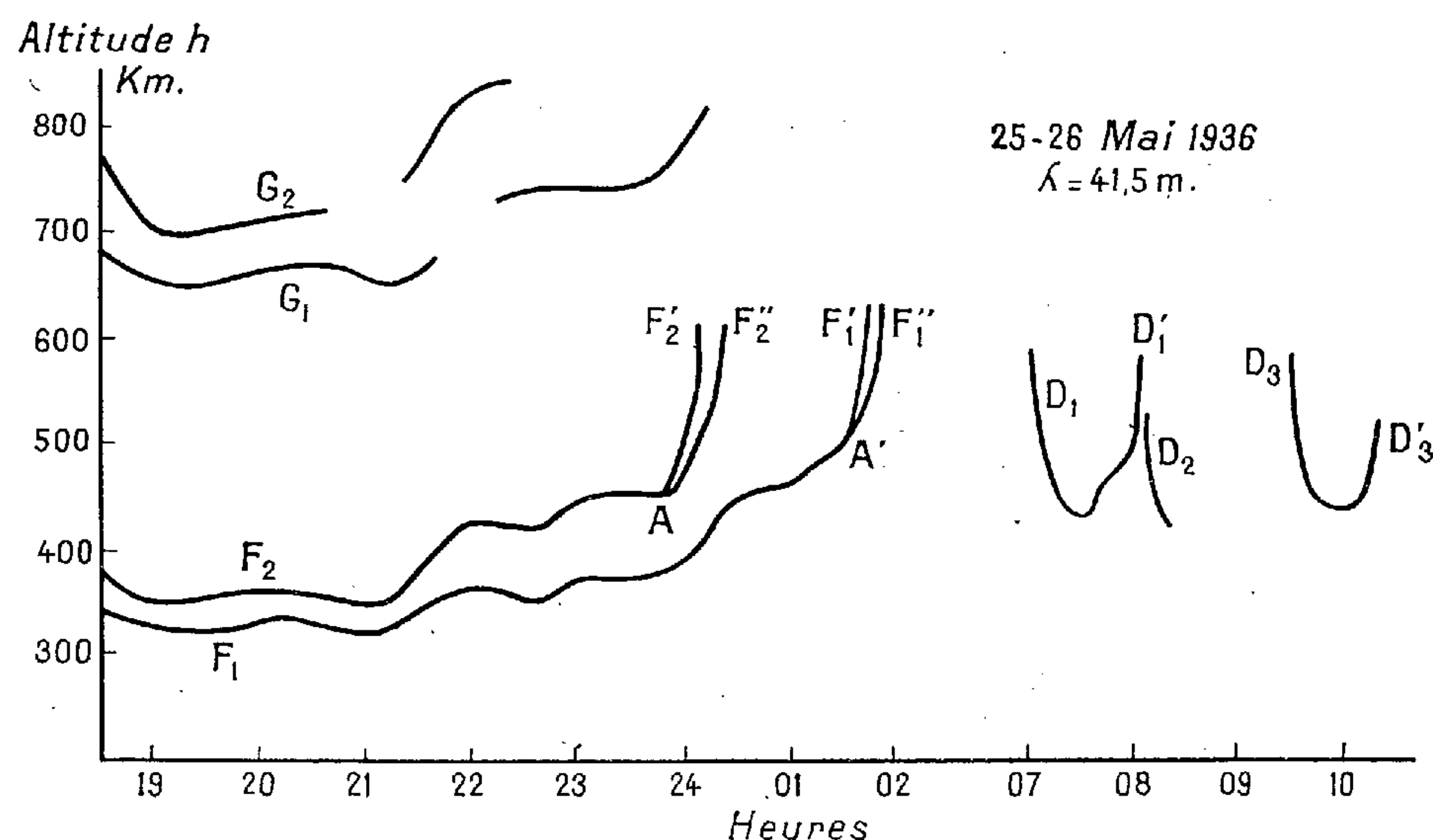
Au poste émetteur se trouve un dessin très simple, noir sur blanc; au poste récepteur on observe continuellement son image par télévision qui est photographiée à l'instant jugé opportun. On observe l'image due aux ondes directes : *image de référence*, accompagnée ou non d'images plus ou moins nombreuses dues aux ondes réfléchies ou renvoyées par un processus plus complexe, que nous appellerons : *ondes de retour*. L'altitude h, à laquelle se produit ce retour est connue à 5^{km} près : on la déduit des relevés photographiques comme s'il y avait réflexion. Le récepteur est à une distance de 2 à 10^{km} de l'émetteur : h variant de 100 à 700^{km}, l'incidence est quasi normale.

Pour $\lambda = 41^{m},5$, h est voisin de 300^{km} pendant le jour. Une ou 2 heures après le coucher du soleil S, en hiver; 4 ou 5 heures, au printemps, h croît très rapidement jusqu'à 600 à 700^{km}; l'onde de retour disparaît alors. Elle reparaît, le matin, quelques heures après le lever de S (2 à 3, en hiver; 4 à

(1) Séance du 15 juillet 1936.
(2) D. Bodroux et R. Rivault, *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 269.

5 au printemps) pour h valant environ 500^{km}; h s'abaisse alors rapidement, puis se stabilise à 300^{km}. Parfois (26 mai 1936, voir figure) l'onde de retour disparaît, à peine apparue, et reparaît quelques instants plus tard.

Pour $\lambda' = 74^{m}$, h avoisine 250^{km} pendant le jour; il croît lentement après le coucher de S, se stabilise, la nuit, vers 450^{km} (hiver) ou 350^{km} (printemps) et décroît lentement jusqu'à 250^{km} après le lever de S. Une autre image,



L'onde de renvoi déjà double (F_1, F_2) se divise encore en A et A'. Il y augmentation rapide de h suivant AF'_2, AF''_2, $A'F'_1$, $A'F''_1$, D'_1, D'_3; chute rapide de h en D_1, D_2 et D_3. On relève : h en $G_1 = 2$ fois h en F_1; h en $G_2 = 2$ fois h en F_2.

due à une onde de retour provenant d'une hauteur quasi invariable ($h = 103$ à 113^{km}), apparaît parfois en même temps.

Pour les deux longueurs d'onde λ et λ', deux sortes d'images accompagnent celles déjà décrites :

Les retards des unes (F_2), par rapport aux ondes de retour ci-dessus, sont généralement faibles : très souvent, l'image s'épaissit et se dédouble. Les deux images ainsi voisines se dédoublent parfois à leur tour ($F'_2 F''_2$; $F'_1 F''_1$). Ces observations sont indépendantes des époques delever ou coucher de S.

Les retards des autres sont exactement doubles (G_1, G_2), triples, parfois quadruples de ceux des ondes de retour observées.

Ces diverses images s'évanouissent momentanément, indépendamment les unes des autres, ou bien après avoir apparu en noir sur fond blanc,

s'estompent et s'effacent pour apparaître ensuite en blanc sur fond noir. Ces phénomènes d'inversion de teintes ou d'évanouissement cessent dès que les ondes de retour disparaissent et que l'onde directe arrive seule, alors, très stable. Ils se reproduisent périodiquement : la période, de l'ordre de 20 secondes, s'accroît et tend vers zéro quand *h* croît rapidement.

THERMOCHIMIE. — *Thermochimie des azotites alcalins et alcalino-terreux.* Note [1] de M. **Maurice Dodé**, présentée par M. Georges Urbain.

L'étude thermochimique des sels de l'acide azoteux se présente d'une façon un peu spéciale du fait que l'on ne peut pas préparer de solutions stables de cet acide : la mesure directe de sa chaleur de neutralisation par les bases n'est pas possible.

Swietoslawsky [2], puis C. Matignon [3], ont cherché à tourner la difficulté en mesurant la chaleur dégagée par l'action d'un acide fort sur une solution d'azotite suffisamment diluée pour que l'acide azoteux libéré soit pratiquement stable. Mais les valeurs données par ces deux thermochimistes, pour la chaleur de neutralisation de l'acide azoteux par la soude, diffèrent entre elles de près de 10 pour 100. J'ai recherché la cause de cet écart, et j'ai reconnu que la réaction utilisée n'est pas complète, en sorte que le dégagement de chaleur ne correspond pas à l'équation envisagée et dépend en outre de l'acide fort employé.

On aurait pu déplacer cet équilibre par action de masse et rendre ainsi la réaction complète, mais la chaleur de formation de l'azotite de baryum ayant été déterminée par Berthelot [4], par union directe du nitrosyle, de l'oxygène et de la baryte, j'ai préféré tourner la difficulté, dans le cas des sels alcalins, en mesurant la chaleur dégagée par l'action d'une solution de sulfate alcalin sur une solution d'azotite de baryum (l'insolubilité du sulfate de baryum assure une réaction complète). Cette méthode présente en effet l'avantage de ne mettre en jeu que des corps stables et de fournir des dégagements de chaleur assez importants.

Il n'est malheureusement pas possible d'atteindre de la même manière les chaleurs de formation des azotites de strontium et de calcium dissous.

---

(1) Séance du 27 juillet 1936.
(2) *Ber. deut. chem. Ges.*, **43**, 1910, p. 1479.
(3) C. Matignon et Mlle Marchal, *Comptes rendus*, **170**, 1920, p. 232.
(4) *Ann. Chim.*, 5e série, 6, 1875, p. 147.

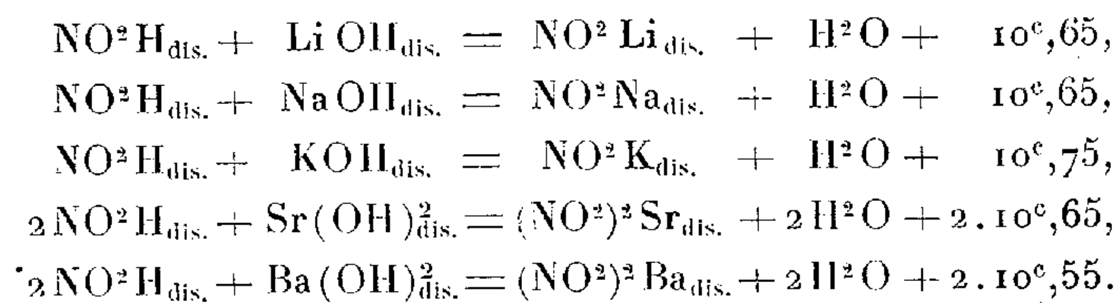
Dans le cas du strontium, l'insolubilité de son sulfate rendant la réaction complète, la méthode de Swietoslawsky et Matignon est heureusement applicable. Les difficultés n'apparaissent donc réellement que pour l'azotite de calcium. Mais nous verrons que, comme il fallait s'y attendre, les chaleurs de neutralisation de l'acide azoteux par les bases alcalines et alcalinoterreuses sont extrêmement voisines, en sorte que l'on ne commettra certainement aucune erreur appréciable en admettant la même valeur pour la chaleur de neutralisation de l'acide azoteux par la chaux.

Les azotites utilisés pour ces mesures ont été obtenus par double décomposition entre l'azotite d'argent et le chlorure de métal choisi. A condition de partir d'azotite d'argent exempt de nitrates (il suffit de le laver beaucoup), de n'utiliser que de l'eau exempte de gaz carbonique et de terminer la précipitation de l'argent en ajoutant goutte à goutte une solution de chlorure à moins de 1 pour 100, la pureté des azotites obtenus est remarquable. Pour les avoir anhydres, il est nécessaire de les maintenir plusieurs jours à 80°, dans le vide, en présence d'anhydride phosphorique. Dans ces conditions, ils contiennent la proportion théorique d'acide azoteux (dosé au MnO^4K) à moins de 1 pour 1000 près. Les points de fusion observés sont en parfait accord avec ceux donnés récemment par Bureau (¹).

L'étude thermochimique a été conduite suivant la technique de Berthelot.

Voici les résultats définitifs auxquels ont conduit ces mesures :

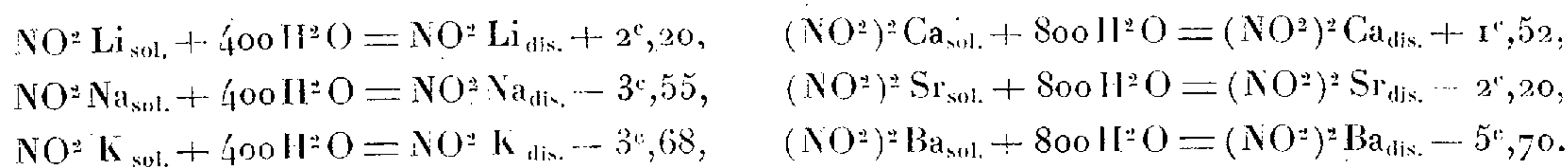
1° *Chaleur de neutralisation de l'acide azoteux par les bases :*



$$NO^2H_{dis.} + LiOH_{dis.} = NO^2Li_{dis.} + H^2O + 10^c,65,$$
$$NO^2H_{dis.} + NaOH_{dis.} = NO^2Na_{dis.} + H^2O + 10^c,65,$$
$$NO^2H_{dis.} + KOH_{dis.} = NO^2K_{dis.} + H^2O + 10^c,75,$$
$$2NO^2H_{dis.} + Sr(OH)^2_{dis.} = (NO^2)^2Sr_{dis.} + 2H^2O + 2.10^c,65,$$
$$2NO^2H_{dis.} + Ba(OH)^2_{dis.} = (NO^2)^2Ba_{dis.} + 2H^2O + 2.10^c,55.$$

On voit que la chaleur de neutralisation de l'acide azoteux dissous par les bases dissoutes est pratiquement indépendante de la base utilisée. On remarquera cependant que, contrairement à l'habitude, les bases alcalines dégagent plutôt un peu plus de chaleur que les bases alcalino-terreuses.

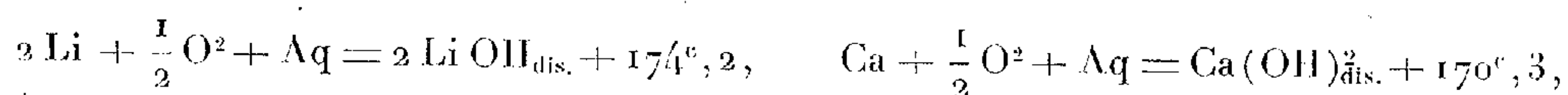
2° *Chaleur de dissolution des azotites alcalins et alcalino-terreux vers* 12° :

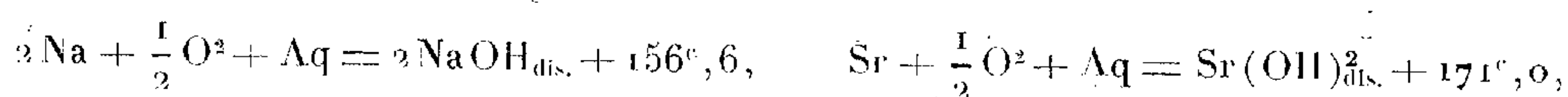


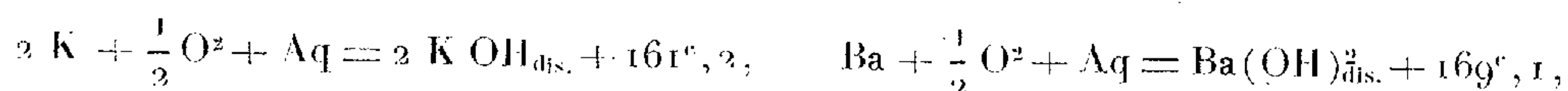
$$NO^2Li_{sol.} + 400H^2O = NO^2Li_{dis.} + 2^c,20, \qquad (NO^2)^2Ca_{sol.} + 800H^2O = (NO^2)^2Ca_{dis.} + 1^c,52,$$
$$NO^2Na_{sol.} + 400H^2O = NO^2Na_{dis.} - 3^c,55, \qquad (NO^2)^2Sr_{sol.} + 800H^2O = (NO^2)^2Sr_{dis.} - 2^c,20,$$
$$NO^2K_{sol.} + 400H^2O = NO^2K_{dis.} - 3^c,68, \qquad (NO^2)^2Ba_{sol.} + 800H^2O = (NO^2)^2Ba_{dis.} - 5^c,70.$$

(¹) *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 1918; **200**, 1935, p. 395; **202**, 1936, p. 307.

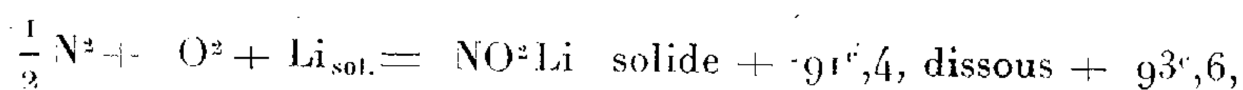
3° *Chaleur de formation des azotites.* — En admettant les valeurs suivantes pour les chaleurs de formation des différents hydrates :

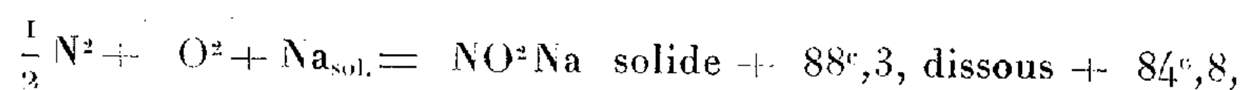

$$2\,\mathrm{Li} + \frac{1}{2}\mathrm{O}^2 + \mathrm{Aq} = 2\,\mathrm{Li\,OH}_{\text{dis.}} + 174^{c},2, \qquad \mathrm{Ca} + \frac{1}{2}\mathrm{O}^2 + \mathrm{Aq} = \mathrm{Ca(OH)}^2_{\text{dis.}} + 170^{c},3,$$

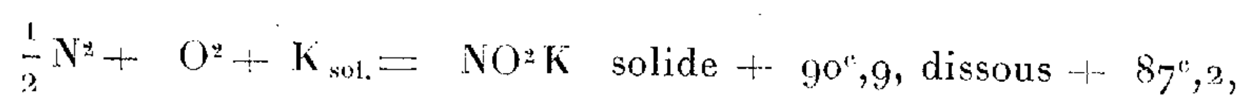

$$2\,\mathrm{Na} + \frac{1}{2}\mathrm{O}^2 + \mathrm{Aq} = 2\,\mathrm{NaOH}_{\text{dis.}} + 156^{c},6, \qquad \mathrm{Sr} + \frac{1}{2}\mathrm{O}^2 + \mathrm{Aq} = \mathrm{Sr(OH)}^2_{\text{dis.}} + 171^{c},0,$$

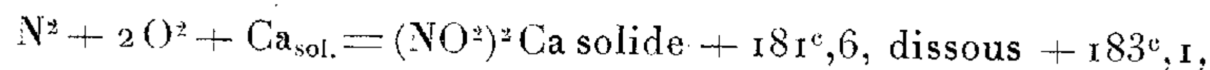

$$2\,\mathrm{K} + \frac{1}{2}\mathrm{O}^2 + \mathrm{Aq} = 2\,\mathrm{K\,OH}_{\text{dis.}} + 161^{c},2, \qquad \mathrm{Ba} + \frac{1}{2}\mathrm{O}^2 + \mathrm{Aq} = \mathrm{Ba(OH)}^2_{\text{dis.}} + 169^{c},1,$$

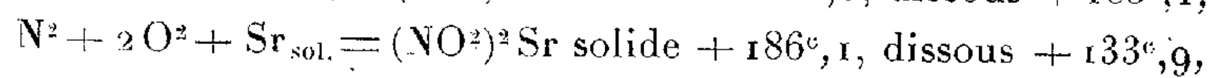
on obtient, par combinaison avec les résultats précédents :

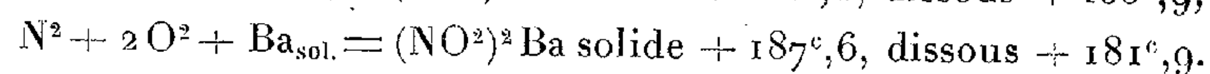

$$\frac{1}{2}\mathrm{N}^2 + \mathrm{O}^2 + \mathrm{Li}_{\text{sol.}} = \mathrm{NO^2Li} \text{ solide } + 91^{c},4, \text{ dissous } + 93^{c},6,$$


$$\frac{1}{2}\mathrm{N}^2 + \mathrm{O}^2 + \mathrm{Na}_{\text{sol.}} = \mathrm{NO^2Na} \text{ solide } + 88^{c},3, \text{ dissous } + 84^{c},8,$$


$$\frac{1}{2}\mathrm{N}^2 + \mathrm{O}^2 + \mathrm{K}_{\text{sol.}} = \mathrm{NO^2K} \text{ solide } + 90^{c},9, \text{ dissous } + 87^{c},2,$$


$$\mathrm{N}^2 + 2\,\mathrm{O}^2 + \mathrm{Ca}_{\text{sol.}} = (\mathrm{NO}^2)^2\mathrm{Ca} \text{ solide } + 181^{c},6, \text{ dissous } + 183^{c},1,$$


$$\mathrm{N}^2 + 2\,\mathrm{O}^2 + \mathrm{Sr}_{\text{sol.}} = (\mathrm{NO}^2)^2\mathrm{Sr} \text{ solide } + 186^{c},1, \text{ dissous } + 133^{c},9,$$


$$\mathrm{N}^2 + 2\,\mathrm{O}^2 + \mathrm{Ba}_{\text{sol.}} = (\mathrm{NO}^2)^2\mathrm{Ba} \text{ solide } + 187^{c},6, \text{ dissous } + 181^{c},9.$$

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la conductibilité des sulfates doubles de la série magnésienne en solution aqueuse.* Note [1] de M. **Basile Fedoroff**, présentée par M. Georges Urbain.

La conductibilité d'une solution d'un sel complexe est en relation avec le degré de dissociation du composé dans cette solution. Peu de travaux ont été faits sur les conductibilités des sulfates doubles. Hosford et Jones [2] ont comparé la conductibilité de SO^4Ni, SO^4K^2, $6H^2O$ à celle des sulfates simples composants. Dans les solutions diluées, la somme des conductibilités des composants est presque égale à la conductibilité du sulfate double, ce qui indique une dissociation totale de ce dernier. Par contre, pour les concentrations moyennes, les résultats s'interprètent en admettant que le sel double n'est pas totalement dissocié.

Hammond [3] a examiné la conductibilité du mélange de SO^4Ni

---

(1) Séance du 27 juillet 1936.

(2) *Am. Chem. Journ.*, 46, 1911, p. 242.

(3) *Trans. Am. Electroch. Soc.*, 45, 1924, p. 219.

Conductibilité moléculaire des solutions aqueuses à 25° C.

	K.	Magnésium.			Zinc.			Cadmium.			Cuivre.		
Concentration en molécules.	SO^4K^2.	SO^4Mg.	Somme calculée $SO^4Mg + SO^4K^2$.	$(SO^4)^2MgK^2$.	SO^4Zn.	Somme calculée $SO^4Zn + SO^4K^2$.	$(SO^4)^2ZnK^2$.	SO^4Cd.	Somme calculée $SO^4Cd + SO^4K^2$.	$(SO^4)^2CdK^2$.	SO^4Cu.	Somme calculée $SO^4Cu + SO^4K^2$.	$(SO^4)^2CuK^2$.
1,0.....	–	49,7	–	123,4	46,5		–	40,8	–	–	46,2	–	–
0,85.....	–	–	–	–	–	–	–	43,3	–	128,5	–	–	–
0,65.....	154,5	59,2	213,7	157,8	54,5	209,0	–	48,5	203,0	144,0	53,5	208,0	–
0,50.....	163,0	66,6	229,6	178,8	60,5	223,5	–	54,5	217,4	162,6	58,7	221,7	–
0,35.....	170,0	–	–	–	66,4	236,4	192,3	–		–	64,0	234,0	186,0
0,25.....	179,4	80,6	260,0	218,6	72,6	252,0	209,8	66,4	245,8	198,8	70,5	249,9	205,5
0,10.....	202,3	99,7	302,0	264,0	90,0	292,3	253,0	83,4	285,7	243,6	87,1	289,4	249,5
0,05.....	218,5	114,8	333,3	295,5	105,0	323,5	284,3	97,5	316,0	275,9	101,6	321,1	282,0
0,025....	235,5	131,5	367,0	329,3	121,5	357,0	318,0	113,4	348,9	308,9	117,9	353,4	315,5
0,01.....	255	157,2	412,2	375,6	146,5	401,5	363,5	140,6	395,6	356,0	144,5	399,5	364
0,005....	268	178,1	446,1	415	169	437	401	163,8	431,8	394	167	435	403
0,0025...	278	198	477	451	190	469	438	185	463	430	192	470	444
0,001....	289	222	511	495	212	501	485	211	500	476	217	506	496
0,0005...	294	236	530	520	225	519	512	226	520	510	230	524	521
0,00025..	298	246	544	539	234	532	530	237	535	530	240	538	538
0,0001...	301	254	555	553	242	543	543	245	546	544	249	550	550

	K.	Manganèse.			Fer.			Cobalt.			Nickel.		
Concentration en molécules.	SO^4K^2.	SO^4Mn.	Somme calculée $SO^4Mn + SO^4K^2$.	$(SO^4)^2MnK^2$.	SO^4Fe.	Somme calculée $SO^4Fe + SO^4K^2$.	$(SO^4)^2FeK^2$.	SO^4Co.	Somme calculée $SO^4Co + SO^4K^2$.	$(SO^4)^2CoK^2$.	SO^4Ni.	Somme calculée $SO^4Ni + SO^4K^2$.	$(SO^4)^2NiK^2$.
1,0.....	–	43,5	–	–	42,8	–	–	45,0	–	–	44,7	–	–
0,85.....	–	47,2	–	130,0	–	–	–		–	–	–	–	–
0,65.....	154,5	52,1	206,6	148,2	–	–	–	53,5	208,0	–	52,5	207,0	–
0,50.....	163,0	58,3	221,3	167,8	57,5	220,5	168,1	58,7	221,7	–	58,2	221,2	–
0,35.....	170,0	–	–	–	–	–	–	64,2	234,2	183,5	–	–	–
0,25.....	179,4	71,4	250,8	206,5	71,2	250,6	205,2	70,9	250,3	202,5	70,5	249,9	203,4
0,10.....	202,3	89,7	292,0	252,0	89,9	292,2	249,5	87,8	290,1	248,5	87,2	289,5	248,1
0,05.....	218,5	104,5	323,0	284,5	104,1	322,6	281,3	102,2	320,7	280,2	101,5	320,0	278,6
0,025....	235,5	122,0	357,5	320	120,1	355,6	314,7	119,2	354,7	315,0	118,5	354,0	314,5
0,01.....	255	148,5	403,5	368	146	401	362,5	144,8	399,8	362,3	144,5	399,5	361,8
0,005....	268	168,5	436,5	406	167	435	401	165,4	433,4	399	165,4	433,4	400
0,0025...	278	190	468	445	190	469	440	186	464	436	186,3	464,3	437
0,001....	289	216	505	492	217	506	490	211	500	483	212	501	485
0,0005...	294	231	525	519	231	525	522	226	520	510	228	522	513
0,00025..	298	242	540	540	240	538	538	237	535	530	240	538	533
0,0001...	301	251	552	552	248	549	549	247	548	548	250	551	551

et SO^4K^2 pour quelques concentrations seulement. Ces mesures sont trop approximatives, pour qu'on en puisse tirer de conclusions certaines.

Nous avons considéré dans son ensemble les sulfates doubles de la série magnésienne. Nous avons mesuré la conductibilité de chacun des sels en solution. La méthode employée était celle de Kohlrausch, les solutions étant placées dans un thermostat à la température de $25° \pm 1/10$. Les concentrations ont varié de 1^{mol} à M/10000 par litre. Nous avons repris dans des conditions identiques les mesures sur les sulfates simples. Tous les sels ont été préparés, purifiés et analysés avant les expériences.

Nous avons étudié $(SO^4)^2MgK^2$, $(SO^4)^2ZnK^2$, $(SO^4)^2CdK^2$, $(SO^4)^2CuK^2$, $(SO^4)^2MnK^2$, $(SO^4)^2FeK^2$, $(SO^4)^2NiK^2$, $(SO^4)^2CoK^2$.

L'allure du phénomène est le même. On peut donc conclure que, sauf pour les concentrations très étendues, le sel double est moins complètement dissocié que les sels simples.

PHYSICOCHIMIE ANALYTIQUE. — *Exaltation du magnétisme de l'oxyde ferrique par calcination en présence de papier à filtre sans cendres.* Note de de M. **Clément Courty**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

L'hydroxyde ferrique obtenu par action de l'ammoniaque sur un sel ferrique, puis séché à l'étuve, est paramagnétique. Porté successivement pendant le même temps : 12 minutes, à des températures de plus en plus élevées, dans le tube de quartz de la balance magnétique Curie-Chéneveau, il accuse, après refroidissement, une chute de paramagnétisme à 500°, puis une autre à 720°, comme le montre le tableau suivant relatif à $1^{mg},2$ d'hydroxyde :

Températures	20°.	500°.	550°.	600°.	640°.	660°.	720°.
Écarts (en mm) à la balance magnétique	95	39	31	38	35	32	25

Ce même oxyde ayant subi ces chauffages, roulé dans du papier filtre sans cendres, et chauffé à l'abri de l'air (dans le tube de quartz) à 500° jusqu'à ce qu'il ne se dégage plus de fumée, laisse un résidu noir. Si on laisse refroidir et qu'on porte le tube dans la balance magnétique, il se colle à l'aimant, rendant toute mesure impossible.

L'oxyde est donc devenu, par ce traitement à 500° dans le papier filtre, très fortement magnétique.

Si l'on porte maintenant le tube à 720°, le résidu qu'il contient perd ce

magnétisme énorme. Il donne cependant encore sur la règle graduée de la balance, placée à 3^m du miroir, un écart de l'ordre du mètre, pour un milligramme d'hydroxyde initial.

Si, au lieu de le chauffer à 720° dans le tube, on met le résidu, qui conserve la forme du filtre roulé, dans une capsule de porcelaine, et qu'on le porte au rouge sombre (450°-500°), il brûle et laisse des cendres rosées ayant gardé la forme initiale du résidu, ce qui permet de les remettre dans le tube de la balance magnétique. On constate alors que le fort magnétisme initial n'est pas détruit.

On pourrait croire, qu'en faisant également au rouge sombre et à l'air, les cendres d'un filtre renfermant de l'oxyde ferrique, on aurait un résidu fortement magnétique; il n'en est rien. Il est indispensable que le chauffage jusqu'au stade *résidu charbonneux* ait lieu à l'abri de l'air.

Cette nécessité pourrait faire croire à la présence de fer libre, l'oxyde ayant pu être réduit par l'oxyde de carbone. Il n'y en a pas dans les résidus charbonneux, *a fortiori* dans les cendres, puisqu'en traitant ces résidus par une solution diluée de sulfate de cuivre pendant 24 heures, ils ont, le lendemain, conservé leur magnétisme.

Application à la recherche et au dosage du fer : première opération. — On découpe dans un filtre de 55^{mm} de diamètre, un cercle de 40^{mm}, on obtient ainsi un filtre de 40 qui a sensiblement la même masse que la couronne de papier résiduelle. Si l'on calcine alors dans le tube à 500° (donc à l'abri de l'air) le filtre de 40 et la couronne, puis qu'on fasse les cendres des deux résidus noirs obtenus, en les chauffant dans une capsule, on trouve pour l'un et l'autre, sensiblement le même écart à la balance magnétique.

Ce résultat, complété par l'analyse spectrographique, montre qu'il y a du fer uniformément réparti dans le filtre sans cendres.

Deuxième opération. — On prépare plusieurs filtres comme ci-dessus, puis, sur chacun d'eux, on recueille des masses croissantes d'hydroxyde ferrique. On calcine alors comme dans la première opération, en deux phases, et on mesure les écarts. Pourvu que la masse de fer soit inférieure à 30 millièmes de milligramme (pour une balance du modèle courant, avec fil de platine de 1/10 de millimètre de diamètre), il est possible d'apprécier quantitativement ce métal, comme le montre le tableau ci-après. Les colonnes 0 sont relatives à des essais à blanc, avec l'ammoniaque et l'eau distillée utilisées.

Millièmes de milligramme de fer.	0.	0.	0.	10.	10.	10.	20.	20.	20.	30.	30.	30.
Écart (mm.) dû au filtre chargé.	46	29	19	460	528	514	718	757	736	1205	1330	1142
Écart dû au résidu du filtre...	39	37	40	45	53	75	20	47	10	10	152	22
Écart net....................	46	−8	−21	415	475	439	698	710	726	1195	1178	1120
Moyennes..........		−7			443			711			1164	

Il résulte de ce tableau :

1° que les réactifs utilisés étaient exempts de fer;

2° que la teneur en fer des filtres sans cendres de 55^{mm} de diamètre, est loin d'être négligeable pour ce genre de mesures. Elle est de l'ordre de 2 millièmes de milligramme;

3° que les moyennes des écarts, mesurés sur la règle graduée, permettent, sans qu'il y ait proportionnalité rigoureuse, d'apprécier la teneur en fer d'une solution, à quelques millièmes de milligramme près;

4° que 10 millièmes de milligramme de fer donnent un écart plus de 100 fois plus fort qu'un milligramme d'hydroxyde calciné à 500° sans papier à filtre.

Observation sur la découverte du fer dans les cendres végétales au sujet de la Note précédente, par M. **Gabriel Bertrand.**

Les recherches les plus rigoureuses de la chimie biologique moderne ont démontré l'existence du fer dans toutes les espèces vivantes, végétales et animales, mais en proportions très réduites. C'est ainsi que dans les plantes il n'y a, en moyenne, que de 60 à 80^{mg} du métal par kilogramme de matière sèche. Par suite de cette circonstance d'une part, de la présence de certains éléments, en particulier du phosphore dans les tissus vivants, d'autre part, le fer ne peut être décelé que par des réactions déjà délicates. Et cependant, c'est par l'emploi de l'aimant qu'Étienne Geoffroy, professeur au Jardin du Roi, a, le premier, en 1705, reconnu l'existence du fer dans les cendres végétales. « Lorsque venant à examiner ces cendres (cendres de bois bien calcinées et lessivées exactement) avec le couteau aimanté » rapporte-t-il dans les *Mémoires de l'Académie royale des Sciences* (t. 18, 1705, p. 362) « je fus surpris de les trouver remplies d'une très grande quantité de parcelles de fer. »

Geoffroy attribua d'abord ce résultat aux instruments qui avaient pu être en contact avec le bois. Il recommença son expérience en prenant toutes les précautions nécessaires, il « fit brûler dans une grande bassine

de cuivre quelques bottes de sarment avec quantité d'herbes sèches » et trouva « de même dans les cendres qui restèrent de petites quantités de fer ».

J'ai reproduit cette curieuse expérience, il y a longtemps, et j'ai reconnu son exactitude. Il s'est rassemblé au pôle de l'aimant une quantité de particules noires, relativement volumineuses et plus ou moins abondantes suivant les circonstances de la calcination : ces particules étaient distribuées en files rayonnantes, comme dans le spectre magnétique fourni par de la limaille de fer ou de fonte. Manifestement, d'après une analyse sommaire, il ne s'agissait pas de fer métallique, ni même d'oxyde pur; il s'agissait plutôt d'une combinaison complexe du métal avec d'autres éléments, tels que le carbone, le phosphore et le silicium, voire certains métaux.

Si le fer contenu dans les tissus des plantes restait disséminé pendant la calcination et se retrouvait dans les cendres sous la forme d'oxyde, il devrait être répandu dans toutes les parties de ces cendres et à l'état tellement divisé qu'il serait bien difficile d'en manifester la présence avec une lame de couteau aimantée. La production, en des points privilégiés de la masse organique en voie de combustion, de combinaisons hautement magnétiques permet, au contraire, de comprendre comment il est possible de drainer, en promenant un aimant dans les cendres, des particules complexes ferrugineuses immédiatement visibles à l'œil nu.

Je donne cette interprétation de la découverte de Geoffroy presque chaque année dans mon Cours de Chimie biologique, en reproduisant cette expérience peu connue. Les résultats intéressants communiqués aujourd'hui par M. Courty [1] concordent avec mon interprétation si l'on admet, ce qui n'est guère douteux, que dans la masse des végétaux en combustion se trouvent des points, momentanément en atmosphère réductive, où le fer peut s'unir au carbone, aussi à d'autres éléments, comme dans le tube de quartz à l'intérieur duquel M. Courty chauffe l'oxyde métallique avec le papier à filtre.

---

(1) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 1929.

MINÉRALOGIE. — *Propriétés optiques, densités et degré de corrosion des titanomagnétites alumino-magnésiennes.* Note de M. **Georges Jouravsky.**

Les titanomagnétites alumino-magnésiennes dont j'ai donné la composition chimique [1] se rattachent aux magnétites typiques par une suite de termes intermédiaires comme le démontrent les analyses suivantes :

Analyse 1. — Haute-Loire : Fe^2O^3 59,31 %; FeO 30,62 %; Al^2O^3 6,20 %; MgO 0,94 %; MnO 0,24 %; TiO^2 2,86 %. Total : 100,17.

Analyse 2. — Haute-Loire : Fe^2O^3 63,77 %; FeO 29,15 %; Al^2O^3 1,49 %; MgO 1,06 %; MnO 0,75 %; TiO^2 3,35 %. Total : 99,57.

Analyse 3. — Porte Henry (E. U.) : Fe^2O^3 67,58 %; FeO 31,54 %; Al^2O^3 0,72 %. Total : 99,84.

Ces minéraux paraissent donc constituer une série isomorphe dont les termes extrêmes connus seraient la titanomagnétite alumino-magnésienne de l'Ankaratra (à 65 pour 100 de $Fe^2O^3 + FeO$) et la magnétite normale. Cette série offre de grandes analogies avec celle des chromites [2]. J'ai étudié les variations des propriétés physiques de ses divers termes en fonction de leur composition chimique. Cette note résume les résultats obtenus pour la mesure du pouvoir réflecteur sur des surfaces polies, de la densité et dn degré de corrosion par HCl.

J'ai déterminé les pouvoirs réflecteurs pour trois longueurs d'onde (0,465, 0,589 et 0$^\mu$,650), suivant la technique de M. J. Orcel, à l'aide de deux cellules à gaz (de la S. C. A. D.) pour le bleu et à *couche d'arrêt* (de Chauvin et Arnoux) pour le jaune et le rouge. La blende, de pouvoir réflecteur 0,177 pour le bleu, 0,166 pour le jaune et 0,162 pour le rouge, a servi d'étalon de comparaison.

La densité des grains analysés a été mesurée par la méthode de la balance hydrostatique, le xylol étant le liquide d'immersion; le vide a été fait pour la détermination de la poussée.

Jusqu'ici, le comportement vis-à-vis des réactifs d'attaque des minéraux en sections polies n'a été déterminé que qualitativement. Or, dans une série isomorphe, l'intensité de corrosion par un réactif déterminé peut

---

(1) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1689.

(2) L. W. Fisher, *Amer. Min.*, 14, 1929, p. 341.

varier avec le terme considéré dans la série. La détermination quantitative de l'abaissement de pouvoir réflecteur de la section polie après l'attaque, dans les conditions identiques, permet de comparer le degré de corrosion pour les différents termes. Dans le cas des titanomagnétites alumino-magnésiennes, on peut ainsi mettre en évidence de faibles variations de composition chimique en attaquant par l'acide chlorhydrique concentré pendant une minute à 20°. Voici résumés les résultats obtenus :

Localité.	Numéro de l'analyse.	Teneur en Fe^2O^3+FeO.	Pouvoir réflecteur. 0,465.	0,589.	0,650.	Densité mesurée.	Densité calculée.	Abaissement du pouv. réfl.
		%						%
Porte Henry....	3	99,3	0,215	–	0,208	5,172	5,168	40
Gellivare.......	–	–	0,213	–	0,210	–	–	40
Haute-Loire.....	2	92,9	0,204	0,202	0,199	5,094	5,065	20
Haute-Loire.....	1	89,9	0,188	0,196	0,194	5,014	5,017	3
Ardèche........	4* (1)	81,9	0,181	–	0,188	–	–	–
Ambohimanga...	3*	73,5	0,174	0,176	0,175	4,721	4,749	–
Ankaratra.......	–	–	0,157	0,164	0,165	4,692	–	–
»	2*	70,1	0,154	0,161	0,161	4,658	4,693	–
»	1*	64,9	0,142	0,155	0,156	4,561	4,608	–
Ferropicotite (2).	–	18,9	0,079	–	–	3,829	3,857	–
Spinelle ferfifère (Mansjö) (3)....	–	12,7	–	–	–	3,683	3,756	–
Högbomite (4)...	–	17,4	–	–	–	3,81	3,833	–

Les pouvoirs réflecteurs et la densité diminuent avec la teneur en fer. L'intensité de l'attaque par HCl varie en sens inverse et les titanomagnétites à 82 pour 100 de Fe^2O^3+FeO ne sont plus attaquées. La courbe représentant les variations de la densité d, en fonction de la teneur x en Fe^2O^3+FeO, est très voisine d'une droite, dont l'équation serait :

$$d = 5{,}18x + 3{,}55\,(1-x),$$

5,18 et 3,55 étant respectivement les densités de la magnétite et du spinelle magnésien. Nous donnons la formule ci-dessus à titre provisoire, car son interprétation physique peut soulever des objections. En effet elle admet

(1) Les analyses marquées d'un astérique ont été publiées antérieurement (*Comptes rendus*, *loc. cit.*).

(2) Cette ferropicotite de Pailing (Cambodge) a donné pour 100 : Al^2O^3, 60,72; Fe^2O^3, 7,53; FeO, 11,34; MgO, 19,48; TiO^2, 0,91. Total : 99,98.

(3) H.-V. Eckermann, *Geol. Foren. Förhande*, **44**, 1902, p. 201.

(4) A. Gavalin, *Bull. of the Geol. of Upsala*, **15**, 1916, p. 289.

la variation linéaire des dimensions de la maille en fonction de la teneur en fer, elle ne tient pas compte des variations du rapport $R^2O^3:RO$, et assimile l'oxyde de titane aux oxydes légers. Néanmoins on voit qu'elle est appliquable en première approximation non seulement aux titanomagnétites alumino-magnésiennes, mais aussi aux ferropicotites, aux spinelles ferrifères, et même à la högbomite rhomboédrique.

LITHOLOGIE. — *Les caractères microscopiques des houilles de Courrières.* Note (1) de MM. **Henri Ringard** et **André Duparque**.

Les recherches dont les résultats généraux se trouvent résumés dans la présente Note ont porté sur la totalité des veines de houille actuellement exploitées par les sièges 7, 10 et 13 des Mines de Courrières (Pas-de-Calais). Ces veines appartiennent toutes à l'*Assise de Bruay* (Westphalien C) où elles se trouvent réparties dans toute l'épaisseur des *Faisceaux de Dusouich* et d'*Ernestine* et dans la partie supérieure du *Faisceau de Six Sillons*. Dans toutes ces couches de charbon les échantillons ont été prélevés de façon à représenter toute l'épaisseur des veines du toit au mur et soumis simultanément à l'analyse immédiate et à l'examen microscopique en lumière réfléchie grâce à la préparation de surfaces simplement polies suivant le procédé préconisé par l'un de nous (2).

I. Localisation géographique des différents types de houilles.

1° *Houilles de cutine typique du siège* 13. — Ces houilles sont des charbons bitumineux appartenant au groupe des *flambants gras* et utilisés surtout par les *usines à gaz*. Leurs teneurs en matières volatiles peuvent atteindre 33,4 pour 100 et restent en règle générale nettement supérieures à 26 pour 100. Les veines étudiées appartiennent au *Faisceau de Dusouich* et à la partie supérieure du *Faisceau d'Ernestine*. Elles sont toutes constituées, du toit au mur, par des *charbons de cutine typique* parmi lesquels dominent nettement des *charbons de cuticules et de microspores* où les macrospores, les corps résineux et les tissus ligneux sont relativement rares.

2° *Houilles de Cutine à caractères mixtes du siège* 10. — Les couches de

---

(1) Séance du 27 juillet 1936.

(2) A. Duparque, *Annales de la Société géologique du Nord*, 50, Lille, 1925, p. 56; *Mémoires de la Société géologique du Nord*, 12, Lille, 1933, 2 vol. in-4°.

houilles de ce siège sont réparties dans toute l'épaisseur du *Faisceau de Dusouich*. Elles sont formées de *charbons gras* dont les teneurs en matières volatiles ne dépassent pas 30,8 pour 100 et sont presque toujours légèrement supérieures à 27 pour 100. Elles sont surtout employées comme charbons de *chemins de fer*. On y observe des *charbons de Cutine à caractères mixtes* où de nombreuses *cuticules* sont associées à d'abondants débris de *tissus ligneux*, tandis que les macrospores deviennent extrêmement rares et que les microspores elles-mêmes sont moins fréquentes.

3°. *Houilles ligno-cellulosiques du siège 7*. — Les veines exploitées au siège 7 représentent les *Faisceaux de Dusouich, d'Ernestine et de Six Sillons*. Elles donnent des *houilles 3/4 grasses* dont les teneurs en matières volatiles s'échelonnent entre 24,6 et 18,4 pour 100 et sont principalement utilisées comme *houilles à coke*. Nous y avons constaté l'absence totale de débris végétaux cutinisés (spores, cuticules) et la fréquence des *fragments de tissus ligneux* transformés en houille mate fibreuse (Fusain) ou plus ou moins gélifiés (Xylain, Xylovitrain) (1), fragments qui se trouvent enrobés dans un ciment amorphe assez abondant formé, au moins en partie, par les produits de désintégration de la cellulose.

Dans les seules limites de la Concession de Courrières, nous avons pu ainsi mettre en évidence la *localisation géographique* des divers types lithologiques de houilles et la *persistance des facies pétrographiques*, en un point donné du gisement, dans des séries de veines successives réparties parfois dans l'épaisseur de plusieurs faisceaux d'une même assise.

II. Variations horizontales des veines de houille de Courrières.

1° *Variations horizontales des veines Joséphine et Léonard*. — Ces deux veines, appartenant à la partie supérieure du *Faisceau de Dusouich*, ont pu être observées aux sièges 7, 10 et 13 de Courrières. Au siège 13 elles sont à l'état de *houilles de cutine typiques*, alors qu'elles sont formées de *houilles de cutine à caractères mixtes* au siège 10 et de *houilles ligno-cellulosiques* au siège 7. A ces variations des caractères lithologiques correspondent des variations des teneurs en matières volatiles comprises entre 32 et 21,6 pour 100.

2° *Variations horizontales des veines Sainte-Barbe, Eugénie, Adélaïde et Désirée*. — Ces veines qui appartiennent toutes au *Faisceau de Dusouich* sont constituées par des *houilles de cutine typiques* au siège 13 et par des

(1) A. Duparque, *Ann. Soc. Géol. Nord*, 51, Lille, 1926, p. 51, et *Mém. Soc. Géol. Nord*, 12, Lille, 1933, p. 130.

houilles de cutine à caractères mixtes au siège 10, elles présentent des variations des teneurs en matières volatiles correspondantes comprises entre 33,4 et 25,2 pour 100.

En mettant ainsi en évidence la formation simultanée des deux types de dépôts végétaux, nous avons pu démontrer que ce sont des *variations dans les compositions chimiques initiales des accumulations végétales*, ayant subi, d'autre part, des actions diagénétiques précoces, qui expliquent l'amaigrissement progressif des veines de houilles de Courrières suivant une direction Sud-Nord, amaigrissement qu'avait bien décrit M. P. Gény en traçant les courbes isoanthracitiques des dites veines (1).

Conclusions. — En résumé, l'étude détaillée des veines de houille des sièges 7, 10 et 13 de Courrières nous a permis de mettre en évidence, dans les limites relativement restreintes d'une partie seulement de cette concession, de nombreux faits d'observation qui viennent vérifier et confirmer les théories générales émises par l'un de nous pour expliquer les variations de composition chimique des charbons de l'ensemble du gisement.

Nous avons pu montrer, notamment, que tous les charbons étudiés se sont formés par l'accumulation de menus débris végétaux bien stratifiés ayant subi un classement mécanique qui suppose le jeu de phénomènes de transport par les vents et par flottage en eaux calmes.

Enfin nos observations nous permettent en outre d'expliquer par des variations de nature des accumulations végétales initiales les compositions chimiques variées des types de houilles exploités actuellement par les Mines de Courrières et les propriétés chimiques particulières à chacun de ces types qui déterminent les usages industriels auxquels ils sont surtout destinés.

GÉOLOGIE. — *Sur l'Éocène moyen à Nummulites du Sénégal.* Note (2) de M. **Fernand Jacquet.**

Après les anciens auteurs, H. Douvillé attribue les couches à Nummulites du Sénégal à l'Éocène moyen et il cite les espèces connues en 1920 dans ce pays : *Nummulites Heeri* de la Harpe (dét. J. Boussac), *N. Vasseuri* Douv. et *N. subvasseuri* Douv. (3).

(1) P. Gény, *Ann. Soc. géol. Nord,* **40**, Lille, 1911, p. 147.
(2) Séance du 10 février 1936.
(3) *Bull. Com. ét. hist. sc., A. O. F.*, n° 2, 1920, p. 137.

En fait, si la présence de ces Nummulites au Sénégal a paru désigner l'Éocène moyen, aucune attribution stratigraphique précise des couches à Nummulites n'a encore été faite jusqu'ici.

En 1934, j'ai recueilli, moi-même, dans ces couches, une faune nombreuse. Les Nummulites ont été déterminées par J. Flandrin ; il a retrouvé d'abord *N. Heeri*. Quant aux *N. Vasseuri* et *subvasseuri*, il lui paraît indiqué, comme nous le montrerons prochainement, de ramener ces formes nouvelles de Douvillé à une simple variété *Vasseuri* des espèces *Gizehensis* et *curvispira*.

D'autres Nummulites n'avaient jamais été signalées au Sénégal ; ce sont *N. curvispira* Savi et Menegh, *N. irregularis* Desh., *N. subirregularis* de la H., *N. distans* Desh., *N. Tchiatcheffi* d'Arch., *N. Murchisoni* Brunner, *N. sub-Beaumonti* de la H. Ces Nummulites sont souvent accompagnées par un Échinide, le *Pauropygus Meunieri* Lamb., et par divers Mollusques, entre autres : *Nautilus senegalensis*, *Cassidaria diadema* du Lutétien de Paris, *Eovasum frequens*, *Carolia placunoides*, *Spondylus quadricostatus*.

La présence et l'abondance de *Nummulites irregularis* et de *N. Gizehensis* confirment au Sénégal l'existence d'un Éocène moyen comparable à celui d'Algérie, de Tunisie et d'Égypte.

Le reste de la faune, dans son ensemble, se rapporte bien à cette époque ; seul le *Pauropygus Meunieri* serait lutétien au Sénégal, alors que tous les *Pauropygus* connus aux Antilles sont de l'Oligocène.

La limite inférieure de l'Éocène moyen du Sénégal peut se situer entre le sommet des couches à *Echinolampas anceps* Chautard et Lamb. (1) et les calcaires où apparaissent les premières Nummulites. Au point de vue stratigraphique local il semble par ailleurs possible de distinguer, comme en Tunisie, un Lutétien inférieur à *N. irregularis* et à *N. distans* d'un Lutétien supérieur à *N. Gizehensis* var. *Vasseuri*. Si la superposition de ces deux niveaux s'observe rarement dans un même puits c'est que, pour un point déterminé, la première couche de calcaires à Nummulites détermine généralement, en profondeur, un niveau d'eau suffisant où l'on arrête le fonçage. Le puits atteint, tout au plus, au mur de la nappe aquifère, les marnes à huîtres d'un niveau intercalaire, imperméable. Toutefois, en bordure du golfe lutétien, certains puits traversent les deux horizons. C'est ainsi que dans celui de Kadié (Djoloff), où Douvillé signale *N. Gizehensis* à $22^{m},70$, j'ai recueilli *N. irregularis* à plus de 30^{m}. D'autre

(1) F. Jacquet, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 335.

part la distinction des deux sous-étages s'affirme par l'examen de la carte : les puits à *N. Gizehensis* var. *Vasseuri* occupent le centre du golfe, tandis que ceux à *N. irregularis* s'observent sur le pourtour, en contact immédiat avec l'Éocène inférieur. La limite supérieure du Lutétien reste encore mal connue.

En résumé, il est intéressant d'indiquer au Sénégal, au moins provisoirement, l'ordre chronologique des principaux fossiles: c'est, des plus anciens au plus récents: *Echinolampas anceps*, *N. irregularis*, *Pauropygus Meunieri*, *N. Gizehensis* var. *Vasseuri*.

Les conséquences de cette Note peuvent s'étendre aux terrains tertiaires du reste de l'A. O. F. En 1920, il paraissait possible à H. Douvillé de paralléliser les formations du Soudan, soit couches à huîtres avec *Crassostrea soudanensis*, *Ostrea multicostata*, calcaires à *Nautilus senegalensis*, *Naut. Chudeaui*, *Eovasum frequens*, *Chenopus dimorphospira*, *Spondylus quadricostatus*, avec les formations du Sénégal, soit argiles à huîtres, marnes à silex et phosphates, calcaires à Nummulites. Or les marnes à phosphates considérées, à cette époque, comme le sommet de l'Éocène moyen au Sénégal, sont en réalité sous les couches à Nummulites (*loc. cit*). Il devient ainsi évident que la plupart des espèces, citées par H. Douvillé au Soudan, se rencontrent déjà dans l'Éocène inférieur du Sénégal (*loc. cit*).

Aussi, devant l'absence totale de Nummulites au Soudan, où s'observent par contre des espèces qui indiquent le même facies, il y aurait lieu de voir si toutes les couches marines de l'Éocène soudanais, jusqu'à la base des marnes gypsifères, ne doivent pas se paralléliser, en fait, avec les couches du Sénégal inférieures aux formations à Nummulites. A l'époque lutétienne, tandis que persistait au Sénégal un golfe où se multipliaient les Nummulites, la grande dépression marine soudanaise, qui depuis le Crétacé supérieur manifestait des tendances au desséchement (facies continentaux sur les bords, néritiques de moins en moins profonds au centre), se serait trouvée déjà, sinon complètement vidée d'eaux marines, mais au moins définitivement séparée de son déversoir méridional sur l'emplacement de l'actuel golfe de Guinée et du Bas-Dahomey. Dans ce déversoir, comme au Sénégal, vivaient des Nummulites telles que *N. Heeri* et *N. Murchisoni*. Ces espèces ont été déterminées par J. Flandrin dans un échantillon communiqué par A. Chermette et provenant d'Aba, région de Hollis.

GÉOLOGIE. — *Les* yardangs *fossiles de Saint-Pierre-la-Cour* (*Mayenne*). Note de M. **Yves Milon**, présentée par M. Lucien Cayeux.

Les travaux récents de M. Cornes (1) ont fait connaître à Jersey une belle série de *yardangs* ou *zeugen* fossiles, creusés dans la rhyolite, et dans les cavités desquels s'accumulent les conglomérats de la série rouge de Rozel. MM. Cornes et Mourant (2) attribuent à cette série un âge permo-carbonifère probable.

A Saint-Pierre-la-Cour (Mayenne) on peut observer de belles formes d'érosion qui ont la même origine que les yardangs de Jersey, et sans doute un âge très voisin. Ces dédales de crêtes d'un dessin très capricieux, ont été sculptés par l'érosion éolienne, et s'observent surtout actuellement dans les déserts, ou les régions semi-arides. Dans les carrières de l'Euche et de Feue-Vilaine (Saint-Pierre-la-Cour) les cavités très irrégulières burinées entre les crêtes des calcaires waulsortiens ont, en moyenne, comme à Jersey, une profondeur de 1^m à $1^m,50$. Le profil de ces cavités est exactement celui que donne Sven-Hedin (3) pour les formations actuelles de l'Asie Centrale.

La ressemblance de ces formes d'érosion avec celles de Jersey ne s'arrête pas là. A l'Euche comme à l'Etaquerel (Jersey) les yardangs ont été fossilisés par le conglomérat de base d'une série continentale. Cette série, à Saint-Pierre-la-Cour, appartient certainement au Stéphanien. Ce sont des schistes d'une couleur violacée intense, donnant par leur décomposition une teinte lie de vin très accusée, qui a valu à une région de bordure du bassin houiller le nom de Rougefeux. A ces schistes sont associés des conglomérats très hétérogènes, de couleur rouge ou verte. Ces conglomérats et ces schistes, souvent altérés en argiles, colmatent encore à l'Euche le fond de certaines poches profondes des yardangs.

Les observations faites à Saint-Pierre-la-Cour confirment, semble-t-il, les hypothèses émises sur l'âge probable des yardangs de Jersey, et leur fossilisation par une série continentale d'âge permien ou permo-carbonifère. Le cycle sédimentaire qui s'amorce au Stéphanien paraît avoir débuté, en Armorique, sous l'influence d'un climat semi-désertique, qui s'est atténué au moment de la formation des dépôts houillers, pour

(1) *Bull. Soc. Jersiaise*, 1933, p. 118-151.

(2) A. E. Mourant, *Q. J. Geol. Soc. London*, 79, 1933, p. 273-307.

(3) *Scientific Results*, 2, 1904-1905 (*fig.* 147-152).

reprendre ensuite, en s'accentuant, au Permo-Trias. Les conglomérats et les brèches du Stéphanien, ou du Permien, colmatent et fossilisent, dans la Mayenne et à Jersey, des yardangs typiques, qui indiquent, au même titre que les séries rouges superposées, l'action dominante d'un climat semi-aride.

M. A. Bigot a fait remarquer (¹) qu'une période d'érosion intense a commencé dans le Cotentin avec le Stéphanien, et que les sédiments rouges à faune permienne se lient aux sédiments du Stéphanien dont ils partagent la tectonique. L'histoire de la grande cuvette permo-triasique de la Manche, qui a laissé des témoins dans le Trégorrois doit être liée, comme je l'ai rappelé récemment (²) à celle des couches rouges de Jersey et des formations stéphaniennes armoricaines.

Ces recherches peuvent peut-être s'étendre au delà des limites du massif armoricain, et il serait intéressant de reprendre, à ce point de vue, l'étude des formes d'érosion identiques aux yardangs de l'Euche, qui étaient visibles en 1921 sur un découvert entamant au Sud les masses de calcaires carbonifères de la carrière d'Hydrequent dans le Boulonnais.

GÉOLOGIE. — *De la découverte, dans le Sahara occidental, de microorganismes fossiles qui constitueraient un repère d'âge et de nature marine pour la série du Koundeloungou (Congo).* Note de MM. **Conrad Kilian** et **Théodore Monod**, présentée par M. Lucien Cayeux.

D'une part nous avons prélevé (T. M.), le 21 janvier 1936, à 15^{km} au nord de Taoudeni, un échantillon de *calcaires à pustules* dans le Viséen marin de la Hammada Safia, où ces calcaires gris à pustules blanches de carbonate de chaux constituent un niveau sur plusieurs kilomètres d'étendue.

D'autre part nous avons recherché (C. K.) s'il n'y aurait pas dans le Sahara occidental des calcaires à corpuscules globuleux analogues aux Calcaires roses du Katanga et nous avons distingué cet échantillon de Calcaires à pustules de Taoudeni pour l'examiner à ce point de vue.

Il résulte de cet examen que :

1° les pustules du calcaire sont bien des corpuscules globuleux ;

2° ces corpuscules globuleux sont d'origine probablement organique ; ce sont probablement des fossiles :

(¹) *Bull. Soc. linnéenne de Normandie*, 8e série, 8, 1935 (1936), p. 48-52.
(²) *C. R. somm. Soc. géol. Fr.*, 17 décembre 1934.

a. formés d'une sorte de noyau probablement dû au remplissage d'une cavité centrale et d'une écorce, ils ne peuvent être des oolithes ([1]), leur forme générale ne variant pas suffisamment et leur écorce n'étant jamais zonée à la manière des oolithes;

b. par ailleurs, leur manière d'être paraît exclure l'existence d'oolithes.

3° Ces corpuscules sont peut-être des Sicidiacées ([2]) :

a. Un exemplaire jumelé présente une parenté frappante avec un exemplaire de *Sicidium Panderi* figuré par Karpinsky ([3]) et notamment à la suture par l'existence d'une sorte de bourrelet sutural.

b. Une vue tangentielle polaire présente une différenciation par zones méridiennes convergentes comme dans les Sicidiacées.

c. La forme à tendances polygonales des coupes de ces corpuscules est conforme à cette attribution.

d. Les Sicidiacées se rencontrent en Amérique justement dans le Mississipien inférieur, c'est-à-dire le Carbonifère inférieur ([4]).

4° Ces corpuscules globuleux sont comparables à ceux des Calcaires roses du Katanga :

a. Notamment certains exemplaires présentent de grandes affinités avec un corpuscule figuré par Choubert ([5]).

b. Le peu que l'on sait de l'âge du Koundeloungou (série dans laquelle se trouvent les Calcaires roses de Katanga) sa limite d'âge supérieure est justement compatible avec l'âge des Sicidiacées.

Le faisceau de toutes ces concordances, dans des domaines différents, constitue une présomption que les Calcaires à pustules du Viséen marin de Taoudeni sont des calcaires à organismes du type des Sicidiacées, que les Calcaires roses du Katanga sont bien des calcaires à organismes du

---

([1]) *Compte rendu de la réunion des Géologues du Bas-Congo, Chronique des Mines coloniales*, Paris, n° 15, 1er juin 1933, p. 300.

([2]) L. Cayeux, *Comptes rendus*, **190**, 1930, p. 231; **193**, 1931, p. 11; *C. R. somm. de la Société géologique de France*, fasc. 3, séance du 1er février 1932, p. 32. — B. Choubert, *C. R. somm. Soc. géol. de France*, fasc. 5-6, 1932, p. 60; *Bull. Acad. roy. de Belgique, Classe des Sc.*, 5e série, **17**, Bruxelles, 1932, p. 1421. — Raymond, E. Peck, *Journal of Palaeontology*, **8**, n° 2, june 1934, pl. 9-13, p. 83-119.

([3]) A. Karpinsky, *Die Trochilisken, Mémoires du Comité géologique russe*, nouvelle série, livraison **27**, 1906, p. 157.

([4]) A. Hacquaert, *Bull. de la Soc. belg. de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie* (Bruxelles), **46**, 1936, fasc. 1, p. 16.

([5]) B. Choubert, *Bull. de la Soc. belg. de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie* (Bruxelles), **42**, 1932, p. 63-70, pl. 5, fig. 2.

type des Sicidiacées, constituent une formation marine et sont d'âge probablement carbonifère inférieur ou, au plus, dévonien.

Dans ces conditions un repère d'âge et de nature marine serait établi par le Sahara et l'Amérique, par la micrographie et par l'association de l'observation et du raisonnement dans la Série du Koundeloungou qui, bien qu'il n'en faille peut-être pas s'exagérer la finesse chronologique, a une importance réelle pour la stratigraphie et la géologie de l'Afrique Centrale, Congo français et Congo belge, Gabon etc.

Remarques de M. **Lucien Cayeux** *au sujet de la Note précédente.*

J'estime qu'il s'en faut de beaucoup que l'état de conservation des globules en question se prête à un diagnostic ferme. En conséquence je crois devoir faire d'expresses réserves en ce qui concerne la conclusion formulée par MM. Conrad Kilian et Th. Monod sur l'âge de la formation du Koundeloungou (Congo).

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Contraste des bandes de Huggins dans le spectre du ciel bleu et température de l'ozone atmosphérique.* Note [1] de M. **Jean Dufay**, transmise par M. Charles Fabry.

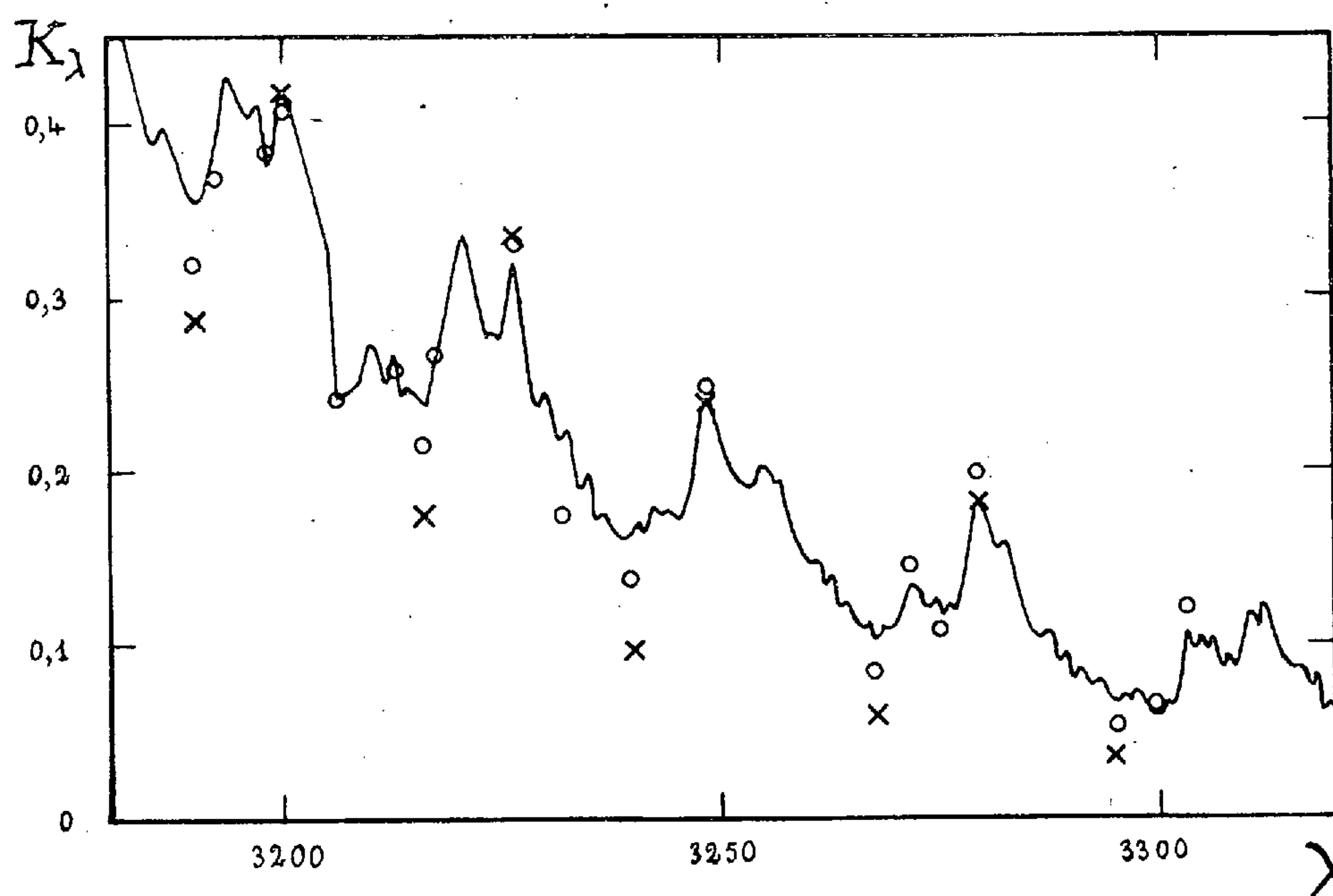
1. D. Barbier, D. Chalonge et E. Vassy [2] ont montré que les minima d'absorption des bandes de Huggins étaient plus accusés dans les spectres des étoiles que dans les spectres obtenus au laboratoire à la température ordinaire. J'ai étudié les mêmes bandes dans le spectre du ciel bleu au zénith, lorsque le Soleil est assez bas sur l'horizon pour que l'épaisseur d'ozone traversée soit grande et varie rapidement. La précision des mesures est ainsi accrue, mais on pouvait craindre que la présence d'une quantité appréciable d'ozone dans la basse atmosphère ne compliquât l'interprétation (umkehreffekt). En réalité, lorsque la distance zénithale du Soleil reste comprise entre 77° et 85°, tout se passe encore comme si, la courbe d'énergie du ciel bleu demeurant invariable, toutes les radiations de l'intervalle 3189-3303 Å au moins traversaient la même épaisseur d'ozone. Le rapport I_1/I_2 des intensités d'une même radiation à deux instants différents peut être

(1) Séance du 27 juillet 1936.
(2) *Revue d'Optique*, 14, 1935, p. 425.

représenté par la relation

$$\log \frac{I_1}{I_2} = A + K_\lambda (e_2 - e_1) \quad (1)$$ (¹),

où K_λ est le coefficient d'absorption, $e_2 - e_1$ la différence des épaisseurs d'ozone traversées aux deux instants et A une constante indépendante de la longueur d'onde. Lorsqu'on porte en abscisses K_λ, en ordonnées $\log I_1/I_2$, les points relatifs aux maxima d'absorption (pratiquement indépendants de la température) se placent bien sur une droite, tandis que les points relatifs aux minima montrent des écarts plus grands, nettement systématiques. Les constantes A et $e_2 - e_1$ étant déterminées graphiquement, la relation (1)



permet de trouver les valeurs de K_λ dans l'atmosphère pour toutes les radiations étudiées.

2. J'ai déterminé ainsi K_λ à partir de 3 clichés correspondant à des épaisseurs d'ozone au zénith bien différentes. En comparant deux à deux les spectres d'un même cliché, j'ai obtenu 9 séries de déterminations dont j'ai pris la moyenne.

(¹) J. Cabannes et J. Dufay, *Journal de Physique*, 6ᵉ série, 8, 1927, p. 125.

La figure ci-contre montre comment se placent les coefficients K_λ de l'ozone atmosphérique représentés par des cercles, par rapport à la courbe d'absorption tracée au laboratoire, à la température ordinaire, par Ny Tsi-Zé et Choong Shin-Piaw ([1]). Bien que la dispersion de mon spectrographe soit plus petite que celle de l'appareil de Ny et Choong (ce qui devrait tendre à diminuer le contraste des bandes) les dentelures de la courbe sont plus profondes dans l'atmosphère.

En partant des coefficients d'absorption mesurés par J. et M. Dutheil ([2]), avec une dispersion presque identique à celle de mon spectrographe, les différences entre les minima d'absorption au laboratoire et dans l'atmosphère paraissent un peu plus marquées. Cependant on retrouve bien les mêmes différences ΔK entre les coefficients d'absorption de l'ozone atmosphérique relatifs à un maximum et un minimum voisins.

3. Le tableau ci-après donne les différences ΔK : 1° d'après Ny et Choong, à $+15°$ environ; 2° d'après mes mesures sur le ciel bleu; 3° d'après les mesures de Barbier, Chalonge et Vassy sur les étoiles; 4° d'après les expériences de E. Vassy, à $-80°$ ([3]), en admettant que les rapports mesurés par lui entre les coefficients d'absorption à $-80°$ et à $+15°$ s'appliquent aux déterminations de Ny et Choong.

Les dénivellations observées dans l'atmosphère sont intermédiaires entre celles mesurées au laboratoire à $+15°$ et $-80°$, comme on peut aussi le voir sur la figure où les coefficients relatifs à $-80°$ sont représentés par des croix. Dans son ensemble, l'ozone atmosphérique se comporte donc comme si sa température était nettement inférieure à $+15°$, mais bien supérieure à $-80°$.

	3189-3200.	3200-3216.	3216-3225.	3225-3240.	3240-3248.	3248-3267.	3267-3279.	3279-3295.
+15°........	0,062	0,180	0,080	0,151	0,071	0,135	0,076	0,115
Ciel bleu.....	0,087	0,189	0,115	0,191	0,108	0,166	0,115	0,144
Étoiles.......	0,105	0,237	0,103	0,200	0,123	0,173	0,102	0,145
−80°........	0,134	0,247	0,163	0,238	0,142	0,180	0,121	0,147

Lorsque le Soleil est bas, l'observation du ciel au zénith favorise l'absorption par l'ozone des couches les plus élevées et peut ne pas conduire exactement au même résultat que l'observation directe du Soleil et des étoiles. Mais l'accord étroit des nombres trouvés dans les deux cas (moyenne

([1]) *Comptes rendus*, **195**, 1932, p. 309.
([2]) *Journal de Physique*, 6e série, **7**, 1926, p. 314.
([3]) *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 1426.

des rapports de $\Delta K = 0,95$) montre que cet effet s'il existe, est très petit et ne pourra être décelé qu'en comparant directement, avec le même spectrographe, les spectres du Soleil et du ciel au zénith.

ZOOLOGIE. — *Sur la destruction et la chute des dents mandibulaires des Squales.* Note de M. **Paul Budker**, présentée par M. Charles Gravier.

Nous avons exposé ([1]) le processus de la destruction des écailles placoïdes, ou dents dermiques des Squales, et décrit les différentes phases de l'ostéoclasie qui la détermine. Nous avons montré que cette ostéoclasie s'effectue par l'action de cellules ostéophages mononucléées attaquant le denticule à la fois intérieurement (dans la cavité pulpaire) et extérieurement, par la plaque basale, et nous avons émis l'hypothèse que ces cellules destructrices sont d'origine endothéliale, ou histiocytaire.

L'étude d'une collection de dents de requins, appartenant à différentes espèces capturées par nous sur la côte d'Afrique, nous a permis de constater que les dents mandibulaires des Squales subissent un processus de destruction tout à fait semblable à celui que nous avons observé et décrit chez les denticules dermiques.

Nous avons eu à notre disposition, pour ces recherches, des dents isolées et des mâchoires complètes appartenant aux espèces suivantes : *Galeocerdo arcticus* (Faber); *Carcharinus obscurus* (Lesueur); *Carcharinus limbatus* (M. et H.); *Carcharias taurus* Raf.; *Hypoprion brevirostris* Poey.

Les dents de *Galeocerdo arcticus*, provenant d'exemplaires de forte taille ($3^{m},80$ environ) sont de grandes dimensions : $2^{cm},5$ de long sur 2^{cm} de haut, et constituent ainsi un matériel très commode pour l'étude macroscopique de leur destruction.

Une dent saine de *G. arcticus* présente une partie externe, recouverte d'émail, et une partie interne, sans émail, insérée dans le tégument, correspondant à la plaque basale des denticules dermiques, et que l'on peut appeler la racine de la dent. Au centre se trouve une cavité pulpaire qui, au premier stade de la destruction, augmente de volume, pendant que la racine est attaquée par sa face inférieure, exactement comme dans le cas des denticules dermiques. Les parties de la racine attaquées par les cellules ostéophages se reconnaissent immédiatement à leur aspect anfractueux,

([1]) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 505-507.

spongieux, alors que la racine saine est lisse et compacte. Cet aspect spongieux (dû à la présence de nombreuses cavités de résorption, ou lacunes de Howship) s'étend bientôt à toute la racine, qui disparaît peu à peu, sa destruction s'effectuant de la partie profonde vers l'extérieur. Il arrive ainsi un moment où la racine est complètement détruite, et où la dent n'adhère plus au tégument que par son collet; à ce stade (que nous avons déjà signalé chez les denticules dermiques), toute la dentine a complètement disparu, et l'émail de la partie externe subsiste seul. Isolée, la dent offre assez bien l'aspect d'une coquille vide. Le moindre choc suffit alors évidemment soit à la briser, soit à la détacher de la mâchoire.

Toutes les phases décrites ci-dessus, observées sur des dents de *G. arcticus*, ont été exactement retrouvées chez *C. obscurus*, *C. limbatus* et *H. brevirostris*.

Chez *Carcharias taurus*, dont les dents ne comportent pas de cavité centrale, l'attaque commence par la partie la plus profonde de la racine, comme chez les autres espèces, et se poursuit jusqu'à sa destruction complète; en même temps, les cellules ostéophages forent des canalicules dans la dentine de la partie externe, qui prend le même aspect spongieux, anfractueux, que la racine. L'émail reste intact, et dans la phase ultime, on retrouve le même aspect que dans les dents à cavité centrale : une enveloppe d'émail, vide, n'adhérant au tégument que par son collet.

Lorsque la dent est arrivée à ce stade, elle se détache, soit spontanément, soit sous une action mécanique quelconque, et la dent de remplacement vient prendre sa place. Le 5 juin 1934, sur la côte du Sénégal, nous avons trouvé, dans le flanc d'un requin capturé au filet, et profondément implantée dans le derme, une dent de *Carcharias taurus* parvenue à l'un des derniers stades de destruction : racine absente, dentine interne spongieuse, en voie de résorption.

Cette ostéoclasie ne s'exerce pas uniquement sur les dents de la ou des rangées fonctionnelles. Nous avons aussi pu en constater les premières manifestations chez les dents des rangées non fonctionnelles ou de remplacement.

Les recherches dont les résultats sont succinctement exposés ici ont été effectuées sur une collection de dents et de mâchoires conservées à sec; nous n'avons pas pu, en conséquence, vérifier si cette ostéoclasie est due, comme pour les denticules dermiques, à des cellules ostéophages mononucléées. Cela nous semble cependant très probable, et nous pensons pouvoir le confirmer ultérieurement.

ZOOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Métamorphose après ablation des* corpora allata *chez le Ver à soie* (Bombyx mori, *L.*). Note de M. **Jean-Jacques Bounhiol**, présentée par M. M. Caullery.

Anatomiquement connus depuis le début du XIX[e] siècle, les *corpora allata* ont fait l'objet de nombreux travaux histologiques ayant montré : 1° leur origine ectodermique (Heymons, 1895); 2° leur nature définitive non nerveuse (Heymons, 1899; Nabert, 1913).

Wigglesworth (1934) a tenté de prouver expérimentalement, chez un Hémiptère hématophage (*Rhodnius prolixus*, Stal.), que ces organes produisent une ou plusieurs hormones, déclenchant la mue et inhibant temporairement l'apparition des caractères de l'adulte. Il note que « le *corpus allatum* (unique chez *Rhodnius*) est dans une situation si embarrassante que l'extirpation n'a pu être réalisée avec succès ». Mais il a essayé d'obtenir un résultat équivalent par section du nerf cérébro-corporéal, en pratiquant au scalpel des entailles transversales plus ou moins profondes à partir du tégument dorsal, en arrière de la région cérébroïdienne; le *corpus allatum* se trouvant à 1/3 de millimètre en arrière des cérébroïdes. Résultats indécis : mue retardée chez plusieurs insectes; chez deux, qui ne muèrent pas, les coupes histologiques ne permirent pas de confirmer la section nerveuse désirée.

Malgré leur prudence à l'égard de l'origine des hypothétiques hormones inhibitrice et de mue, les conclusions de Wigglesworth ont été transcrites et rendues plus affirmatives par Snodgrass dans ses *Principles of Insect morphology* (1935).

Les expériences, objet de cette Note, entreprises sans idée préconçue, s'opposent aux précédentes :

1° Nos sujets d'expérience sont des insectes à métamorphoses complètes (vers à soie).

2° La méthode consiste en une corporectomie double, c'est-à-dire en l'ablation chirurgicale directe et exclusive des *c. a.*, selon une technique qui sera détaillée dans un Mémoire ultérieur.

Les 51 vers opérés proviennent d'un élevage personnel effectué au laboratoire : leur âge était connu à 12 heures près par rapport aux mues. L'opération a été pratiquée au dernier âge du ver, à une époque variant

depuis la trente-sixième heure après la fin de la quatrième (et dernière) mue pour les plus précocement opérés, jusqu'au seizième jour, au moment où le ver se dispose à filer son cocon.

La mortalité opératoire est faible. Sur 42 vers opérés avant le quatorzième jour (époque où normalement l'appétit diminue), 10 ont pris de la nourriture dès le deuxième jour après l'opération. Nous avons obtenu 24 nymphes, dont 20 seulement en cocon et finalement 13 papillons, dont 2 ont éclos spontanément et ont vécu d'une façon normale : une femelle a même pondu, après avoir été fécondée par un mâle opéré seulement unilatéralement et dont le cas ne fait pas partie de la précédente statistique.

L'efficacité de l'opération a été vérifiée sous binoculaire par la nécropsie, d'une part des vers morts sans se nymphoser, d'autre part des papillons obtenus, sauf quelques-uns fixés pour étude histologique.

La durée du dernier âge chez les vers opérés, comptée de la fin de la dernière mue à la mue nymphale, fut de 20 à 25 jours, à peine augmentée par rapport aux témoins (température d'élevage 17 à 20°).

La durée de la nymphose fut de 15 à 25 jours, c'est-à-dire plus irrégulière, comme pour les témoins d'ailleurs.

Les résultats obtenus sont un minimum : nos élevages ont été très défavorisés par le temps froid, pluvieux, orageux qui a sévi dans le sud-ouest de la France de mai à juillet. Un certain nombre d'opérés sont morts de flacherie et de dysenterie.

Nous pensons améliorer notre technique et obtenir des résultats encore plus démonstratifs, surtout si les circonstances climatiques sont convenables.

En résumé : le Ver à soie, privé de ses *corpora allata* au cours de son dernier âge, peut parfaitement se nymphoser et devenir imago et ce dans des délais sensiblement normaux.

L'intérêt de ce travail réside aussi dans la méthode, puisque nous croyons être le premier ayant réussi la suppression chirurgicale des *corpora allata*.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *L'influence de l'aglucone sur la vitesse d'hydrolyse des glucosides-β par l'émulsine*. Note [1] de MM. **Stig Veibel** et **Franciska Eriksen**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Helferich et ses collaborateurs, dans plusieurs Mémoires, se sont occupés de l'influence de l'aglucone sur la vitesse d'hydrolyse des glucosides-β par l'émulsine [2]. Ils ont indiqué comme nombres proportionnels de l'hydrolyse des β-glucosides du phénol, de l'*o*-crésol, de l'*o*-*p*-xylénol et de l'*o*-*o*-xylénol 10 : 126 : 42 : 3 (méthyl = 1). Scheiber (*loc. cit.*) a trouvé qu'il y a dans la série aliphatique une influence semblable, la vitesse d'hydrolyse de l'isopropylglucoside étant 4,4 fois plus grande que celle de l'hydrolyse du méthylglucoside. On voit qu'on a varié, dans ces expériences, et le poids moléculaire et l'arrangement des atomes ou groupes d'atomes dans la molécule.

Depuis quelque temps nous avons examiné l'hydrolyse fermentative de divers alcoylglucosides. Nous désirons donner ici quelques-uns de nos résultats pour montrer qu'il faut faire attention à ne point confondre les deux influences mentionnées plus haut, savoir l'influence du poids moléculaire et l'influence de l'arrangement dans la molécule.

Nous avons préparé et examiné les β-alcoylglucosides suivants : méthyl-, éthyl-, propyl-, isopropyl-, *n*-butyl-, triméthylcarbinol- et *d*-méthyl-butyl-carbinol-. Les préparations des quatre premiers glucosides ont été décrites par nous [3], la préparation du trimétylcarbinol-β-*d*-glucoside vient d'être décrite par Veibel et Nielsen [4], et les préparations des deux derniers seront décrites plus tard. Ici nous n'indiquerons que les points de fusion et les pouvoirs rotatoires spécifiques des sept glucosides :

	Méthyl.	Éthyl.	Propyl.	Isopropyl.	*n*-butyl.	Triméthyl-carbinol.	*d*-méthylbu-tylcarbinol.
F.....	108-110°	81-83°	{ 77- 78° / 102-103° }	128-129°	68-69°	164-166°	116-118°
$[\alpha]_D^{20}$..	—32°,5	—38°,6	—39°,3	—40°,9	—36°,9	—19°,0	—30°,5

(1) Séance du 27 juillet 1936.

(2) Helferich, Schreiber, Streeck et Vorsatz, *Liebigs Ann.*, 518, 1935, p. 211; Scheiber, *Dissertation*, Leipzig, 1935.

(3) Veibel et Eriksen, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 3, 1936, p. 277.

(4) Veibel et Nielsen, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 126.

La méthode employée par nous dans les expériences d'hydrolyse a été décrite antérieurement ([1]). Nous donnons seulement les valeurs de k/e (sal. f.), k étant la constante d'hydrolyse d'une solution de 0,04 M de glucoside (logarithmes décadiques, la minute comme unité de temps), e le poids d'émulsine qui se trouve dans 50$^{cm^3}$ de la solution et *sal. f.* un nombre indiquant le pouvoir enzymique déterminé par son action vis-à-vis d'une solution de salicoside.

	Méthyl.	Éthyl.	Propyl.	Isopropyl.	*n*-butyl.	Triméthyl-carbinol.	*d*-méthyl-butyl-carbinol.
$k.10^2$	2,7	5,3	22,6	16,9	27,3	0,02	230
M	194	208	222	222	236	236	264

On voit que, plus est grand le poids moléculaire, plus est rapide l'hydrolyse et que l'arrangement dans la molécule n'est point sans influence, le propylglucoside étant hydrolysé plus rapidement que l'isopropylglucoside. En ce qui concerne les deux butylglucosides ceci est encore plus prononcé. De plus, en comparant les valeurs pour le méthyl, l'éthyl, l'isopropyl et le triméthylcarbinol-glucoside, on voit que les deux premiers groupes méthyles introduits dans le méthylglucoside augmentent la vitesse d'hydrolyse, mais que le troisième groupe l'empêche presque complètement. C'est la même influence que Helferich et ses collaborateurs ont constatée en examinant l'hydrolyse des glucosides du phénol, de l'*o*-crésol et de l'*o*-*o*-xylénol (*loc. cit.*).

L'un de nous a montré déjà ([2]) que, dans une solution qui contient les glucosides du *d*- et du *l*-méthyl-butyl-carbinol, le *d*-méthyl-butyl-carbinol-β-*d*-glucoside est hydrolysé à peu près 3,5 fois plus rapidement que le glucoside de l'alcool *l*. La configuration stérique possède alors une influence considérable sur la vitesse d'hydrolyse des glucosides.

Une comparaison des vitesses d'hydrolyse de *d*-méthyl-butyl-carbinol-β-*d*-glucoside et du triméthylcarbinol-β-*d*-glucoside montre que le premier est hydrolysé 11-12000 fois plus vite que le second. En réalité la différence est encore plus grande, car, lorsqu'on veut déterminer la constante d'hydrolyse pour le triméthylcarbinol-β-*d*-glucoside, il faut ajouter du toluène pour éviter les microorganismes, et nous avons montré dans un autre Mémoire ([3]) que la vitesse d'hydrolyse est augmentée de

([1]) Veibel et Eriksen, *Kgl. d. Vid. Slsk. math.-fys. Medd.*, **13**, n° **17**, 1936.
([2]) Veibel, *Biochem. Journ.*, **28**, 1934, p. 1733.
([3]) Veibel et Eriksen, *Biochem. Journ.*, **30**, 1936, p. 163.

25 à 30 pour 100 par l'addition du toluène. Au méthyl-butyl-carbinol-glucoside nous n'avons pas ajouté de toluène; aussi les deux constantes à comparer semblent être respectivement 2.10^{-4} et environ 300.10^{-2}, c'est-à-dire que l'une est 15000 fois plus grande que l'autre.

Jusqu'ici on n'a pas observé de si grandes différences de vitesse d'hydrolyse. Willstätter et Oppenheimer (¹) indiquent que l'hélicoside est hydrolysé 600 fois plus vite que le méthylglucoside, ce qui est la plus grande différence que nous avons réussi à trouver rapportée. Les aglucones dans ces deux glucosides sont trés différents, l'un étant aromatique, l'autre aliphatique, tandis que dans les deux glucosides examinés par nous les aglucones sont tous les deux aliphatiques. Malgré cela l'un est hydrolysé 15000 fois plus vite que l'autre.

En combinant nos résultats avec ceux de Willstätter et Oppenheimer, on voit que l'hélicoside est hydrolysé à peu près 40000 fois plus vite que le triméthylcarbinol-β.*d*-glucoside.

La séance est levée à $15^h 50^m$.

A. Lx.

ERRATA.

—

(Séance du 20 juillet 1936.)

Note de MM. *André Meyer* et *Paul Heimann*, Produits d'halogénation et d'oxydation de la 2.4-dihydroxyquinoléine :

Page 264, ligne 9 en remontant, *au lieu de* l'action des halogènes sur le dihydroxycarbostyrile, *lire* l'action des halogènes sur l'hydroxycarbostyrile.

(¹) *Ztschr. physiol. Chem.*, **121**, 1922, p. 183.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 10 AOUT 1936.

PRÉSIDENCE DE M. HENRI DOUVILLÉ.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie qu'à l'occasion de la fête de l'Assomption la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mardi 18 août au lieu du lundi 17.

M. le **Secrétaire perpétuel** a le vif regret d'apprendre à l'Académie le décès de M. **Camille Sauvageau**, Correspondant pour la Section de Botanique depuis 1918, mort subitement à Vitrac (Dordogne).

En déposant sur le Bureau un volume sur le *Volcan actif de l'Ile de la Réunion* (¹), M. **Alfred Lacroix** s'exprime en ces termes :

Dans le volume que je présente à l'Académie, je me suis proposé de condenser toutes mes observations, des points de vue morphologique, dynamique et lithologique, effectuées sur le volcan actif de notre belle Colonie, et en outre, de donner une approximation sur la lithologie du massif volcanique le plus ancien, celui du Piton des Neiges auquel il est adossé.

Le Piton de la Fournaise présente un très vif intérêt. Il est, en effet, avec les volcans d'Hawaï, le plus bel exemple d'un volcan alimenté par un magma basaltique émis, en général, presque sans phénomènes explosifs,

---

(¹) *Le volcan de l'Ile de la Réunion et ses produits.* Gauthier-Villars, éditeur, 1936, in-8° IX + 297 pages, 68 planches photographiques et 1 carte.

dans un état de grande fluidité. Il constitue donc le pôle opposé à la Montagne Pelée. Ayant étudié sur place ces deux volcans et bien d'autres de qualité intermédiaire, je tenais à fermer le cycle de mes recherches sur ce grand et beau sujet.

Depuis trois cents ans, l'activité de ce volcan est connue, mais malheureusement, elle n'a été étudiée que d'une façon occasionnelle, discontinue. S'il en eut été autrement, le Piton de la Fournaise aurait une place de premier plan dans l'histoire du volcanisme. Il était temps de le faire mieux connaître.

J'ai profité de cette publication pour mettre en lumière les efforts de quelques créoles ou explorateurs du XVIII[e] siècle et du siècle suivant auxquels sont dues d'utiles observations inédites ou quelque peu oubliées.

Ce volume a été imprimé à l'Observatoire de l'Académie, à Abbadia ; je tiens à remercier son Directeur, M. l'abbé Calot, et ses collaboratrices des soins et de la bonne grâce qu'ils ont mis à l'exécution de ce travail, dérivatif de leurs préoccupations astronomiques.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *L'hérédité acquise chez le Poireau bulbifère.* Note de M. **Lucien Daniel**.

J'ai montré (¹) que des pieds de Poireau, à la deuxième année de leur développement et cultivés à la lumière atténuée, avaient présenté exceptionnellement des ombelles échevelées et bulbifères bien que l'*Allium Porrum* L. ait été classé parmi les espèces non bulbifères de ce genre. J'ai, au cours des trois dernières années, essayé de déterminer le degré d'hérédité de cette anomalie (²).

En 1934 j'obtins, sur deux exemplaires provenant de la multiplication des bulbilles, des ombelles échevelées et bulbifères qui fournirent en même temps des graines fertiles. En septembre je plantai les bulbilles et je récoltai les graines qui furent semées en mars 1935. Les deux pieds, laissés en place, donnèrent chacun deux caïeux qui se développèrent au printemps suivant et donnèrent chacun une ombelle échevelée prolifère avec de nombreuses bulbilles de tailles variées. Les bulbilles poussèrent également au printemps et donnèrent des feuilles normales. La sécheresse qui survint

(¹) *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 567.
(²) *Rev. bretonne de Botanique*, 28, 1935, p. 72.

en mai dessécha la plupart des jeunes pieds dont deux seulement montèrent à fleurs. Tous les exemplaires desséchés ne moururent pas, mais quelques-uns passèrent à l'état d'ognons, c'est-à-dire à l'état de vie ralentie et il ne faut pas confondre ces ognons avec les caïeux qui sont des productions normales d'origine différente. Les deux exemplaires qui montèrent ne se comportèrent pas de la même manière : l'un donna une ombelle faible avec des fleurs sans bulbilles; l'autre ne porta que des bulbilles assez fortes, plus fortes que celles récoltées en 1934. Tous deux périrent aux premières pluies sans donner de caïeux.

En septembre 1935 j'ai laissé en place les quatre pieds à ombelle échevelée et bulbifère et j'ai planté leurs nombreuses bulbilles en deux lots formés, le premier des plus grosses; le second, des moyennes et des petites. En 1936, j'ai donc pu comparer : 1° l'hérédité par graines des pieds, au nombre de 244, du semis de 1935, qui ont monté tous à fleurs, sauf un dont l'inflorescence avorta à 25^{cm} du sol; 2° l'hérédité par les huit caïeux des pieds mères des bulbilles laissés dans le sol; 3° l'hérédité des bulbilles chez les deux lots. L'hérédité dans ces quatre cas, s'est montrée différente.

Sur les 244 pieds de semis ayant fleuri cette année, 9 individus ont présenté des ombelles bulbifères. L'un d'eux était monstrueux; ses bulbilles soudées entre elles étaient accompagnées d'écailles vertes foliacées, recourbées et aplaties; l'ombelle portait quelques fleurs prolifères. Chez 6 autres exemplaires, l'ombelle, non bulbifère, portait en des points variés des bractées allongées, saillantes, caractère jusqu'ici inconnu dans le genre *Allium*. D'autres ombelles comprenaient des fleurs à pédicelles inégaux, donnant à l'inflorescence un aspect spécial.

Un autre fait intéressant s'est produit. Les tiges des plantes de semis étaient pour la plupart munies de caïeux simples formés à *l'extérieur* des gaines. Chez 5 exemplaires il était apparu, sur le plateau, à *l'intérieur* des gaines, un petit caïeu qui s'était fait jour au sommet des feuilles en donnant une tige florale faible terminée par une ombelle. L'un de ces pieds présentait la particularité d'avoir son ombelle principale bulbifère quand l'ombelle fournie par le petit caïeu ne l'était pas.

Les 4 pieds sur lesquels j'ai, en 1935, recueilli les graines et les bulbilles, ont produit 8 caïeux, dont 5 ont hérité du caractère bulbifère, mais de façon inégale. Un de ces pieds a fourni une ombelle échevelée prolifère entremêlée de nombreuses bulbilles, les unes chevelues, d'autres sans feuilles ou munies de feuilles longues et aplaties. Les 4 autres caïeux à ombelle bulbifère possédaient exclusivement des bulbilles chevelues et

avaient donné des tiges et des ombelles de petite taille par rapport au type normal. Chez ces ombelles bulbifères comme chez celles du semis, j'ai remarqué que les bulbilles, chevelues ou non, avaient une tendance à se détacher et à tomber sur le sol pour s'y enraciner quand les tiges florales venaient à être brisées ou courbées vers la terre par la pluie ou le vent. Ce phénomène peut être considéré comme un fait d'adaptation à la suite de la lutte pour la vie de l'espèce devenue bulbifère.

Quant aux bulbilles plantées en deux lots à la fin de septembre 1935, et qui avaient donné des feuilles à l'automne, elles se sont comportées différemment suivant le lot. Les grosses bulbilles ont, au printemps de 1936, monté à fleurs au nombre de 85; leurs ombelles, plus petites, renfermées dans des spathes allongées et étroites, ont fourni 65 types bulbifères dont 10 étaient en même temps prolifères à des degrés divers. Les 20 autres pieds ont produit des petites ombelles sans bulbilles.

Dans le second lot, les moyennes et les petites bulbilles, après avoir poussé comme celles du premier lot, ont cessé de croître puis leurs feuilles se sont desséchées au cours de la sécheresse du printemps. Elles sont passées à l'état de vie ralentie, anormalement, sous forme d'ognons de petite taille qu'il ne faut pas confondre avec les caïeux qui ont une autre origine et qui correspondent à la vie ralentie normale de l'hiver. Ces ognons étaient au nombre de 152, dont 12, laissés en place, ont repris la vie active à la suite des pluies de l'été pour fleurir en 1937; les 140 autres seront laissés au repos pour être replantés en 1937 à des époques variées pour en suivre le développement extérieur.

Ces résultats montrent que la propriété bulbifère apparue par la culture à la lumière atténuée chez quelques exemplaires de Poireau, s'est maintenue, mais de façon très inégale, à la fois par la reproduction sexuée ou par la multiplication végétative. C'est un exemple de plus de l'hérédité d'un caractère acquis qui s'ajoute à ceux que j'ai déjà signalés chez d'autres plantes vivaces par leurs organes souterrains telles que le Topinambour [1] et le Pissenlit [2].

---

[1] *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1962.
[2] *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1505.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Paul Bruère et Georges Vouloir. *Face au péril aéro-chimique. La sécurité chez vous, sans masque, sans abri. Déclaration de guerre ! Sous les bombes... Anticipation*, par José Germain. Préface de Mme la Maréchale Joffre. (Présenté par M. A. Desgrez.)

M. le **Secrétaire général-adjoint de la Fondation Curie** invite l'Académie à désigner l'un de ses Membres qui occupera dans le *Conseil d'Administration* la place vacante par l'expiration du mandat de M. *A. Lacroix.*

ASTROPHYSIQUE. — *Quelques particularités de la Nova Lacertæ* 1936. Note de M. **David Belorizky**, présentée par M. Aymar de la Baume Pluvinel.

A l'Observatoire de Marseille nous avons fait une cinquantaine de spectrogrammes de la Nova Lacertæ avec un prisme-objectif de 12^{cm} d'ouverture utile et 60° d'angle. Le spectre mesure 47^{mm} de H_α à H_δ.

1° La Nova rayonnait le 19 juin, jour de l'annonce de la découverte, comme un corps noir : son spectre était semblable à celui de α Cygni (*c* A 2). Le lendemain, jour du maximum, l'allure du rayonnement a subi des modifications qui ont persisté. Le 26 juin, le spectre, au moins entre H_α et H_δ, *n'avait rien de commun avec celui du corps noir.*

2° L'étoile, qui a atteint au maximum $2^m,1$, a constamment diminué d'intensité; son éclat n'a oscillé que de quelques dixièmes de magnitude. Actuellement, 27 juillet, elle est de magnitude $7^m,5$.

3° Le spectre d'émission est surtout composé maintenant de bandes de l'hydrogène et de la bande 4640 (N^{++}). Ces bandes sont très larges, de l'ordre de 40 à 50 Å. On voit la raie d'émission 4363, mais elle est recouverte par la bande H_γ. Ensuite viennent les bandes plus faibles 5876 (He), 5755 et une bande qui va de 4959 (N_1) à 5007 (N_2), bien que les raies N_1

et N_2 ne soient pas visibles encore. Le fond continu est faible, mais bien visible. Ainsi le spectre est actuellement nébulaire.

L'intensité de la bande H_α est remarquable. Large de 40 Å, *son intensité est comparable à celle de la région correspondante du spectre de ζ Cephei* qui est du type Ko et de magnitude $3^m,6$.

Pour avoir un spectre de 1^{mm} de hauteur, il nous faut poser avec des plaques Ilford 40 minutes pour une étoile de 4e magnitude. Nous avons posé le 14 juillet 25 minutes, la Nova étant de $7^m,0$ et la hauteur du spectre étant de $1^{mm},3$.

La bande H_α avait l'intensité qu'elle présente dans les spectres posés normalement, *mais elle était la seule*. Il n'y avait pas trace d'autres radiations dans le spectre. Ainsi, en première approximation, l'atmosphère de l'étoile est composée actuellement d'hydrogène et, fait sans doute important pour la théorie, *son rayonnement est monochromatique* et presque tout entier concentré dans la radiation H_α.

RAYONS X. — *Observation et mesures de satellites* $L\alpha$ *pour les éléments* 68, 70 *et* 71. Note de Mlle **Yvette Cauchois**, transmise par M. Jean Perrin.

La présence de satellites au voisinage de la raie de dipole intense $L\alpha_1$ vers les courtes ondes par rapport à celle-ci, a été observée avec certitude pour les éléments de numéro atomique Z compris entre 29 et 50 d'une part et supérieur à 75 d'autre part.

On admettait généralement une disparition de ces satellites pour Z compris entre 50 et 75 (¹).

J'ai indiqué, dans de précédentes Notes (²), la présence de satellites $L\alpha$ pour les éléments 75, 74, 73 et 72 et j'ai donné la mesure des plus nets. J'ai montré ainsi que l'on peut suivre, de $Z = 92$ à $Z = 72$ inclusivement, trois émissions distinctes pour lesquelles, en relation avec des travaux antérieurs, j'ai adopté, provisoirement, les notations α'', α^{iv} et α'. Au 72 ces deux dernières ne sont plus séparables (*loc. cit.*).

A l'aide d'un échantillon d'oxydes de terres rares, fortement concentré

(¹) F. K. Richtmyer, R. D. Richtmyer, *Phys. Rev.*, **34**, 1929, p. 574; F. K. Richtmyer, S. Kaufman, *Phys. Rev.*, **44**, 1933, p. 605; H. Claesson, *Zeits. f. Phys.*, 85, 1933, p. 231.

(²) Y. Cauchois, *Comptes rendus*, **200**, 1935, p. 1194; **201**, 1935, p. 721; **202**, 1936, p. 2068.

en lutécium et ytterbium, préparé et mis à ma disposition par M. G. Urbain, et d'oxyde d'erbium du commerce, j'ai pu observer, sans ambiguïté, l'émission de satellites $L\alpha$ pour les éléments 71, 70 et 68.

Le dispositif expérimental est analogue a celui que j'ai employé précédemment. Toutefois j'ai remplacé le spectrographe de 40^cm^ de diamètre par un autre de 20^cm^ seulement, mais dont les détails de construction permettent une observation plus commode des grandes longueurs d'onde à mesurer. Avec cet appareil, dans l'air, un quartz mince, utilisé par transmission, donne encore très bien le spectre K du chrome, par exemple (2,28 Å).

La dispersion était ici environ 8 U. X./mm.

Pour les trois éléments étudiés, $L\alpha_1$ est élargie vers les courtes ondes par une bande dont la structure semble encore plus complexe, peut-être, que pour les éléments plus lourds.

On trouve dans le tableau la mesure de deux raies que l'on distingue nettement dans chaque cas. Avec cette dispersion, leur pointage, dans une émission complexe au voisinage de $L\alpha_1$, qui est large et intense, ne peut être très précis. Les longueurs d'onde ont été calculées par extrapolation relativement à celles de α_1 et α_2 déterminées par Wennerlöf [1]. Les différences de fréquence à $L\alpha_1$ indiquent qu'il s'agirait bien ici encore des émissions que j'ai déjà mesurées pour des éléments plus lourds.

Éléments.	$\lambda_{u.x.}$	ν/R.	$\Delta\nu/R$ à α_1.	$\sqrt{\Delta\nu/R}$.	Identification.
71	1609,7	$566,1_1$	$2,2_7$	$1,5_0$	α^x
	1613,0	$564,9_5$	$1,1_1$	$1,0_5$	$\alpha'\alpha^{ix}$
70	1662,0	$548,2_9$	$2,1_1$	$1,4_5$	α^x
	1665,3	$547,2_1$	$1,0_3$	$1,0_1$	$\alpha'\alpha^{ix}$
68	1774,4	$513,5_6$	$1,8_1$	$1,3_4$	α^x
	1776,9	$512,8_4$	$1,0_9$	$1,0_4$	α'

RAYONS X. — *Observation et mesure du spectre* L *du radium* (88) I. Note de M. **Horia Hulubei**, transmise par M. Jean Perrin.

On ne possédait jusqu'à présent pratiquement aucune donnée sur les spectres de rayons X des éléments compris entre Bi (83) et Th (90).

De ces six éléments le 85 est encore inconnu; je m'efforce de préciser le spectre L du 87, qui m'en a révélé l'existence; les quatre autres, dont un

(1) *Ark. Mat. Astr. o Fys.* (A), 22, VIII, 1930, p. 1.

gaz, sont fortement radioactifs et très rares, d'où de grandes difficultés pratiques pour l'étude de leur émission ou absorption X caractéristiques.

Afin de combler en partie cette lacune et en relation avec mes travaux en cours, j'ai recherché le spectre d'émission L du radium (88).

Quelques centièmes de milligramme de chlorure de radium, presque entièrement récupérés à la fin du travail, m'ont suffi pour obtenir le spectre L intense et complet de cet élément. J'ai employé pour cette étude un spectrographe Cauchois à focalisation de 40^{cm} de diamètre équipé avec un quartz de $0^{mm},12$ d'épaisseur. Avec le plan réflecteur interne utilisé, la dispersion, dans la région spectrale étudiée, est d'environ 5 U. X./mm.

On trouva dans le tableau ci-après les résultats relatifs aux raies les plus fortes du spectre L du radium.

Les mesures ont été faites par rapport à de nombreuses raies de références, enregistrées en même temps que celles du radium. Celles qui suivent ont servi plus spécialemeut de repères : $YK\alpha_1$, $ZrK\alpha_1$, $ZrK\beta_1$, $RbK\alpha_1$ $MoK\alpha_1$, $MoK\beta_1$, $AsK\alpha_1$, $SeK\beta_1$, $BrK\alpha_1$, $TlL\gamma_1$, $TlL\beta_1$, $ThL\beta_{2,4}$, $ThL\gamma_1$, $UL\alpha_1$, $UL\beta_1$, $BiL\alpha_1$. J'ai adopté, pour ces émissions les longueurs d'onde du traité de Siegbahn. De préférence, chaque fois que cela m'a été possible, j'ai employé des raies K comme références.

Abstraction faite de la raie la plus forte, $L\alpha_1$, pour laquelle M. de Broglie avait indiqué la valeur de 1010 U. X. [1], c'est la première fois que, à ma connaissance, un spectre d'émission X du radium a été observé et mesuré.

Raies d'émission L *du radium* (88).

Désignation de la raie.			λ en U. X.	ν/R.	Désignation de la raie.			λ en U. X.	ν/R.
L_I	M_{II}	β_4	$838,9_7$	1086,18	L_{III}	M_I	l	$1164,7_7$	782,36
	M_{III}	β_3	$801,0_7$	1137,56		N_I	β_6	$869,0_8$	1048,54
	N_{II}	γ_2	$680,5_8$	1338,96		M_{IV}	α_2	$1014,4_5$	898,29
	N_{III}	γ_3	$673,9_8$	1352,07		M_V	α_1	$1002,6_5$	908,86
	O_{II}	γ'_4	$649,9_6$	1402,04		N_{IV}	β_{15}	$835,4_9$	1090,70
	O_{III}	γ_4	$648,3_0$	1405,63		N_V	β_2	$833,6_4$	1093,12
	$P_{II, III}$	γ_{13}	$643,7_9$	1415,48		$O_{IV, V}$	β_5	$804,6_0$	1132,57
L_{II}	M_I	η	$905,5_4$	1006,33	L_I	M_{IV}	β_{10}	$773,8_5$	1177,58
	N_I	γ_5	$716,2_5$	1272,28	L_I	M_V	β_9	$766,9_8$	1188,13
	M_{IV}	β_1	$812,0_6$	1122,17		—		—	—
	N_{IV}	γ_1	$693,1_9$	1314,60		—		—	—
	O_{IV}	γ_6	$671,8_9$	1356,28		—		—	—

[1] *International Critical Tables*, 6, 1929, p. 43.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude spectrophotométrique de l'hydrolyse des sels ferriques.* Note (¹) de MM. **Joseph Cathala** et **Jean Cluzel**, présentée par M. Georges Urbain.

Au cours de leur hydrolyse progressive, les solutions diluées de sels ferriques prennent des colorations rouges de plus en plus intenses à mesure que le pH croît, bien avant que ne se produise la précipitation de l'hydroxyde $Fe(OH)^3$. C'est à l'hydroxyde dissous (à des concentrations extrêmement faibles) que l'interprétation classique des phénomènes d'hydrolyse attribue cette coloration. La concentration de l'hydroxyde obéirait à la relation (1). Par suite de la petitesse de $[Fe(OH)^3]$ on peut considérer $[Fe^{+++}]$ comme constant; de là la relation logarithmique très simple (2):

$$(1)\quad \frac{[Fe(OH)^3][H^+]^3}{[Fe^{+++}]} = K \text{ hydrolyse}, \qquad (2)\quad \log[Fe(OH)^3] = 3\,pH + \text{const.}$$

Nous avons pensé ramener le problème à la détermination spectrophotométrique de la concentration des molécules de l'hydroxyde dans des solutions tampons de pH connu.

Pour préparer les solutions absorbantes nous avons préparé des mélanges tampons (à base d'acide monochloracétique, d'acide acétique et de soude) de pH : 2; 2,5; 3; 3,5; 4; 4,5; 5; 6; 6,3; 6,6 contrôlés à l'électrode à quinhydrone. Ces tampons ont servi à diluer à N/100 la solution N/10 de nitrate ferrique que nous avons utilisée.

Le spectrographe utilisé (Jobin et Yvon, autocollimateur à 2 prismes, $f = 2{,}25^m$) étale sur 20^{cm} la région spectrale intéressante (3900-6000 Å). Le dispositif spectrophotométrique comporte un prisme de Hüffner et un secteur tournant d'ouverture variable. Pour chaque solution absorbante, on photographie onze paires de spectres correspondant à des affaiblissements du spectre de comparaison de 50 à 95 pour 100.

Des mesures spectrales donnant le rapport I_0/I, caractérisant le milieu absorbant pour une longueur d'onde λ et une épaisseur d données, il est possible de passer au coefficient d'absorption K et aux concentrations C par les relations

$$I = I_0 e^{-KCd}, \qquad KC = \frac{1}{d} \log \frac{I_0}{I}.$$

(¹) Séance du 27 juillet 1936.

La précision de nos mesures permet généralement de déterminer le produit KC à 2 pour 100 près; dans les cas les plus défavorables, l'erreur ne dépasse pas 5 pour 100.

Nos résultats sont traduits par les courbes de la figure 1 qui donne en fonction de λ, pour chaque pH, les valeurs de $1/d \log I_0/I$ ou celles de KC qui lui sont équivalentes.

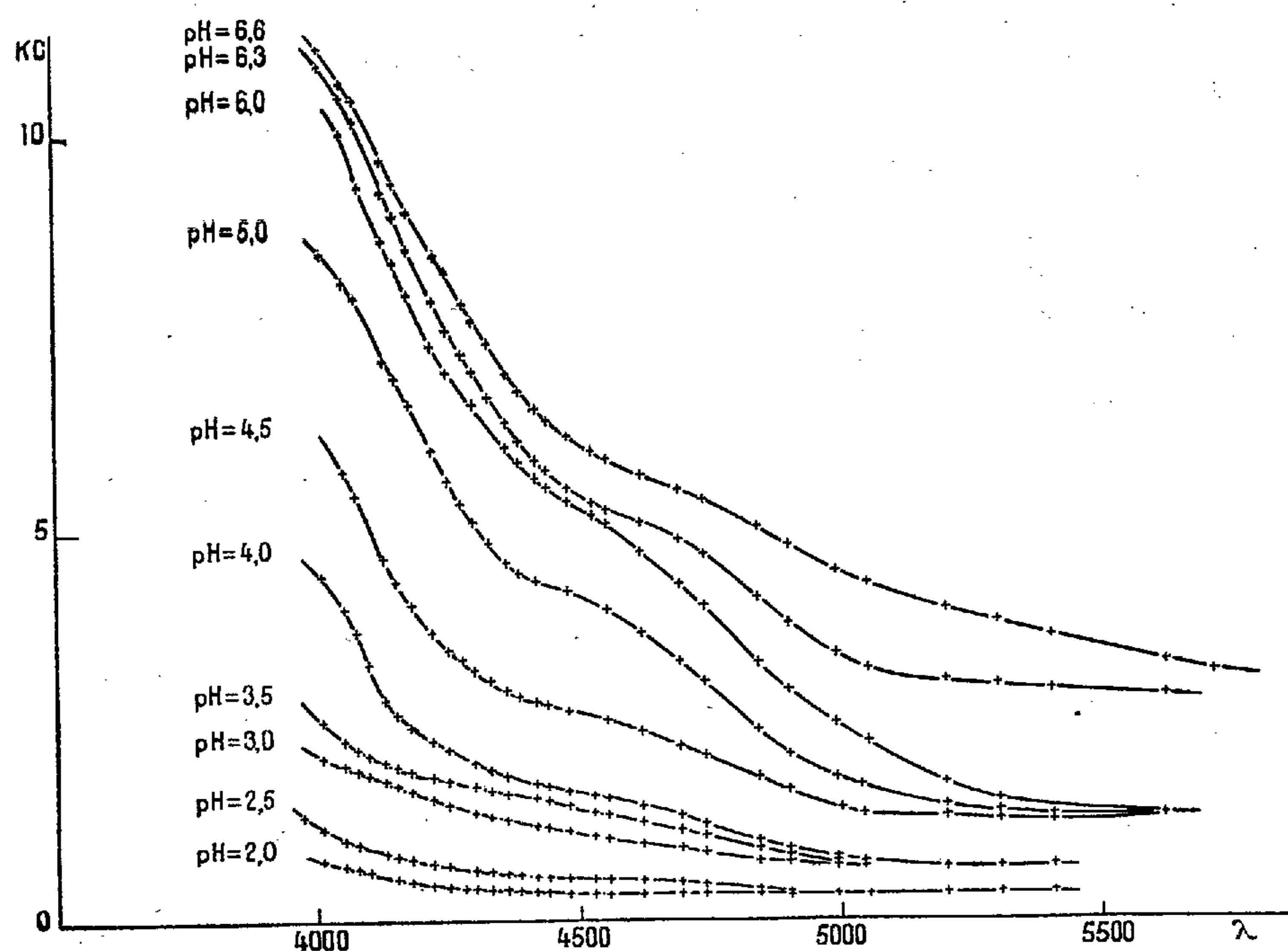


Fig. 1.

Dans l'hypothèse où la molécule $Fe(OH)^3$ serait l'absorbant, nos mesures d'absorption donnent à une constante près la valeur de $[Fe(OH)^3]$, on peut donc chercher à vérifier la relation (2).

La figure 2 donne le réseau de courbes (logKC en fonction du pH) correspondant à nos valeurs expérimentales. Ces courbes sont parallèles *et nous pouvons en conclure que l'absorption provient toujours du même composé.*

Nos résultats établissent que l'on obtient deux faisceaux de droites parallèles de pente environ 1/2 et 1/3. Dans les deux cas, si l'on attribue à l'hydroxyde ferrique les phénomènes d'absorption, les relations (1) et (2) ne peuvent être satisfaites. C'est donc un autre composé qui provoque l'absorption.

Dans l'hydrolyse des sels ferriques, il doit exister un état intermédiaire entre Fe^{+++} et $Fe(OH)^3$ dissous, mais d'autres expériences sont nécessaires

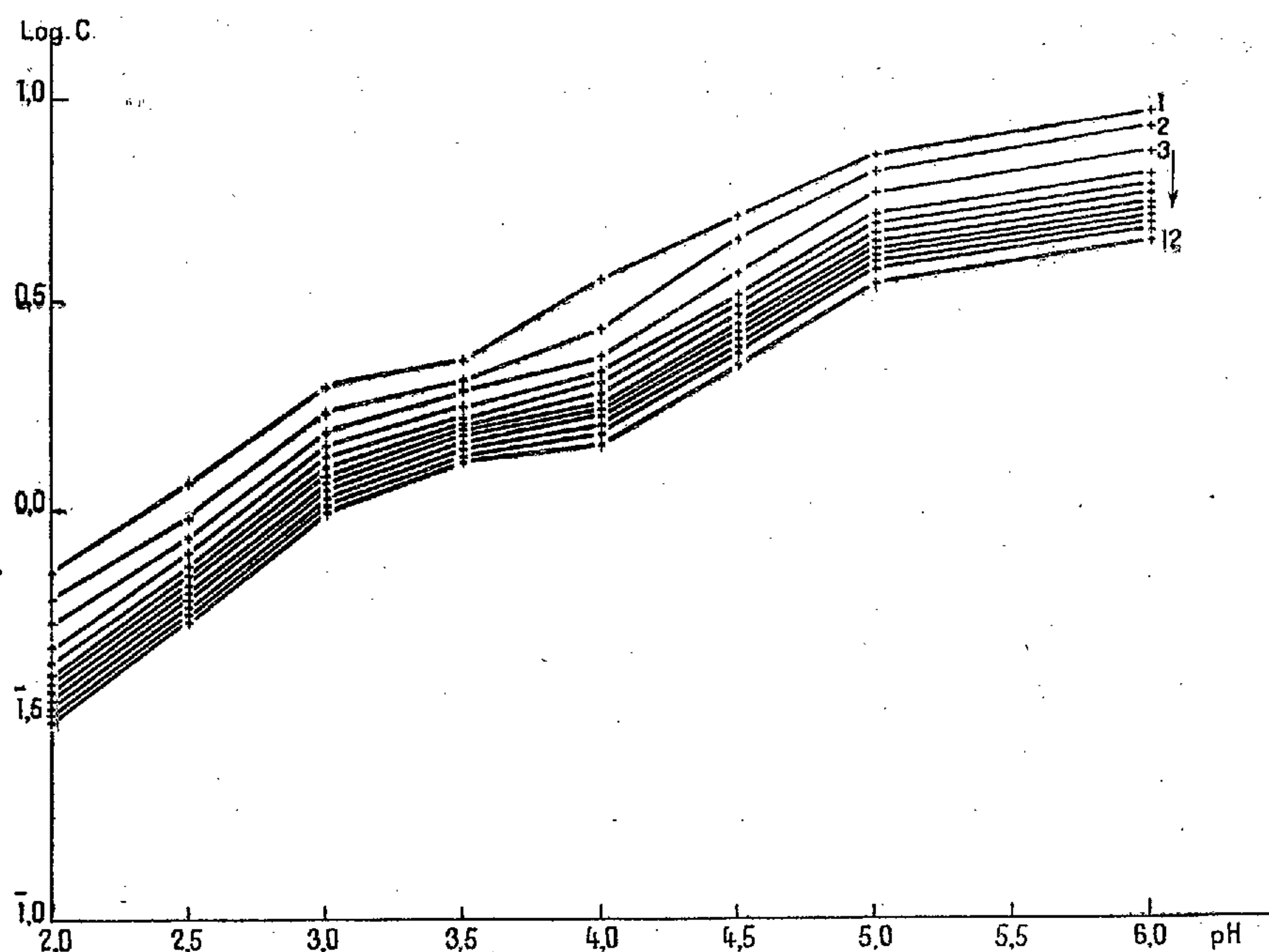


Fig. 2.

1. λ = 4050 Å.	4. λ = 4200 Å.	7. λ = 4350 Å.	10. λ = 4500 Å.
2. λ = 4100 Å.	5. λ = 4250 Å.	8. λ = 4400 Å.	11. λ = 4600 Å.
3. λ = 4150 Å.	6. λ = 4300 Å.	9. λ = 4450 Å.	12. λ = 4700 Å.

pour élucider la nature du complexe qui se forme au cours de cette hydrolyse progressive, lorsque le pH croît.

PHYSICOCHIMIE. — *Méthode spectrographique pour l'étude de la décomposition thermique de l'ozone.* Note de M. **Étienne Vassy**, transmise par M. Charles Fabry.

L'ozone ayant dans l'ultraviolet des coefficients d'absorption qui varient entre 0,0065 pour 3467 Å et 145 pour 2553 Å, il était tout indiqué de songer à cette méthode de mesure qui permet d'avoir une précision constante aussi bien avec une concentration de 50 pour 100 qu'avec une concentration de 10^{-5}. Une seule difficulté se présentait par le fait que

certains coefficients d'absorption de l'ozone varient avec la température [1]. J'avais étudié quantitativement la variation de ces coefficients quand la température passe de + 20° C. à — 80° C. J'ai utilisé le même dispositif en plaçant le tube contenant l'ozone au centre d'un four électrique; mais pour des températures supérieures à la température ordinaire, l'étude se trouve compliquée par la décomposition thermique de l'ozone. Pour comparer les coefficients d'absorption à + 20° C. à ceux à + 115°, on procède alors de la façon suivante : on règle la vitesse de chauffage du four de telle façon que le tube à réaction mette, pour passer de 20° à 115° C., le même temps que, le chauffage étant coupé, pour revenir de 115 à 20° C. On prend alors une série de spectres alternativement à 20° C. et à 115° C. et, comme on connaît les coefficients d'absorption à 20° C., une interpolation facile permet de déduire les épaisseurs d'ozone contenues dans le tube pour la température 115° C. et par suite de calculer les coefficients d'absorption à cette température.

A la suite de cette étude préliminaire, j'ai pu mesurer la quantité d'ozone contenu dans un tube fermé et porté à une température de 115° C. L'ozone est préparé à partir d'oxygène liquide : un dispositif simple permet de régler la vitesse de dégagement; le gaz passe entre deux tubes concentriques de pyrex, aux parois extérieures argentées, où l'effluve le transforme partiellement en ozone. Ce procédé a l'avantage de refroidir automatiquement l'ozoneur, améliorant ainsi le rendement, et aussi de fournir de l'oxygène propre, condition indispensable pour étudier la décomposition homogène. A la sortie de l'ozoneur, l'ozone se liquéfie dans une ampoule plongeant dans l'oxygène liquide. Quand la quantité d'ozone liquide est suffisante, on distille et le gaz est admis dans un tube cylindrique de 30^{cm} de long et 3^{cm} de diamètre, en pyrex, à fenêtres de quartz soudées. Ce tube a été soigneusement nettoyé et chauffé sous vide à 400°. Il est fermé par deux gros robinets à vide, choisis pour leur bonne étanchéité et fonctionnant sans graisse. Il est placé au centre d'un tube réfractaire de 60^{cm} de long entouré d'une résistance chauffante. Il est traversé par un faisceau de lumière issu d'un tube à hydrogène, rendu parallèle par un achromat quartz-fluorine et qu'une lentille identique fait converger ensuite sur la fente d'un spectrographe Hilger E 31. La gradation de la plaque est faite, le tube étant plein d'oxygène, avec des grilles de densité connue. Le tube étant porté à une température de 115° C., on prend des spectres espacés dans

(1) *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 1426.

le temps et l'étude microphotométrique des plaques permet de mesurer la quantité d'ozone contenue dans le tube à un instant donné.

Mes expériences, comparées à celles de Glissmann et Schumacher (¹), m'ont donné une vitesse de décomposition légèrement inférieure à celle trouvée par ces auteurs pour la température de 110° C.

En vue de rechercher l'ordre de la réaction, j'ai utilisé une méthode graphique dont l'avantage est d'éliminer l'imprécision pouvant régner sur les mesures initiales par suite de la non-homogénéité du mélange oxygène-ozone ainsi que le défaut possible d'équilibre de température.

Soit x_0 la concentration initiale d'ozone et x la concentration au temps t; si la réaction de décomposition est du deuxième ordre, on a $-dx/dt = kx^2$, ce qui donne en intégrant $1/x - 1/x_0 = kt$.

Dans le cas où cette loi est satisfaite, si l'on porte en abscisses t et en ordonnées $1/x$, les points doivent se placer sur une droite dont la pente représente k.

Avec des concentrations initiales différentes, j'ai trouvé cette loi rigoureusement vérifiée et cela pour des durées d'expérience dépassant 10 heures. Les expériences sont parfaitement reproductibles et la pente de la droite est la même quelle que soit la concentration initiale.

En général, au bout de dix heures, la droite s'incurve et la loi n'est plus vérifiée. Ceci provient de la désorption de l'ozone qui a été adsorbé par les parois du tube au début de l'expérience. Je m'en suis assuré par l'expérience suivante : de l'ozone à forte concentration est admis dans le tube à réaction à la température de 25°C. Après l'avoir laissé une heure dans le tube et avoir pris un spectre pour mesurer sa concentration, on le chasse par un courant prolongé d'oxygène. On prend un spectre qui permet de s'assurer qu'il n'y a plus d'ozone. On porte le tube à 115°C. et on prend des spectres au bout de 2, 4, 6, 8, ..., heures. On voit alors peu à peu l'ozone réapparaître, si bien que le spectre est complètement coupé vers 2550 Å ; ensuite la décomposition thermique prédomine sur la désorption. L'étude de ce cliché a montré qu'un mélange d'oxygène ozonisé à 62 pour 100 d'ozone ayant séjourné une heure à 25°C dans le tube laisse désorber dans les conditions ci-dessus une quantité d'ozone telle que si ce gaz était réparti uniformément sur la surface des parois, son épaisseur serait de 16 microns.

J'ai vérifié qu'il s'agissait bien d'un phénomène de désorption et non

(¹) *Zeits. für phys. Chem.*, 21, 1933, p. 323.

d'une formation d'ozone par photochimie ou par un autre processus en chauffant et en éclairant de l'oxygène dans les mêmes conditions que celles de l'expérience précédente.

On a donc là un moyen commode pour étudier l'adsorption de l'ozone et pouvoir ainsi déterminer à partir de quel moment la décomposition thermique se trouve perturbée.

Ces expériences sont actuellement poursuivies à différentes températures et leur détail sera publié dans un autre Recueil.

CATALYSE. — *Sur une nouvelle méthode de préparation des catalyseurs.* Note de M. **Louis Faucounau**, transmise par M. Paul Sabatier.

Les propriétés catalytiques des métaux réduits, tels que le nickel, le cuivre et le cobalt, ont été mises en évidence par les travaux de Sabatier et de ses élèves ; mais la préparation de ces métaux, suivant les indications de Sabatier, exige une assez grande habitude pour les obtenir actifs.

En 1928, Raney a donné une variante du procédé de préparation, attaque par la soude d'un alliage Ni-Al, qui facilite considérablement l'obtention du Ni actif.

J'ai pensé que des alliages métalliques, contenant d'une part un métal attaquable en milieu acide ou alcalin et d'autre part un métal non attaquable doué de propriétés catalytiques, pouvaient de même donner naissance à un catalyseur. Mes premières recherches ont porté sur les alliages Al-Cu, Al-Co traités par la soude.

Pour le cuivre, j'ai utilisé l'alliage Dewarda (Al. Cu. Zn). Pour le cobalt, j'ai préparé l'alliage par aluminothermie, en faisant réagir 200^g d'Al sur 150^g de Co^3O^4 pur et sec, proportions correspondant à l'obtention de la combinaison définie Co^2Al^5. Le culot obtenu pulvérisé dans un mortier de fonte est finement tamisé.

Dans les deux cas, la poudre est projetée par petites portions dans une lessive de soude à 30 pour 100 préalablement refroidie ; lorsque tout l'alliage a été ajouté, on chauffe légèrement jusqu'à cessation du dégagement d'hydrogène. On décante la lessive usée et on la remplace par de la lessive fraîche ; on renouvelle deux fois le traitement, on porte alors quelques minutes à l'ébullition, on lave par décantation le métal pulvérulent obtenu, d'abord à l'eau jusqu'à neutralité, puis à l'alcool et on le conserve dans l'alcool absolu du commerce. Les métaux contiennent environ 1 pour 100

d'Al et 1 pour 100 de Zn pour Cu. Co est pyrophorique et exempt de Ni. Ils catalysent à la fois les déshydrogénations et les hydrogénations.

Déshydrogénations. — L'appareil utilisé est l'appareil classique de Sabatier; le tube laboratoire est rempli de billes de verre imprégnées d'une bouillie épaisse de Cu ou Co dans l'alcool. Les résultats sont identiques avec les deux catalyseurs : les alcools éthylique, propylique, butylique sont transformés en aldéhydes correspondantes; la déshydrogénation commence entre 150 et 200° et est très rapide à 250°, mais l'alcool benzylique ne commence à réagir qu'à 250°. Avec les alcools secondaires, la réaction est encore plus facile; l'alcool butylique secondaire donne la méthyl-éthyl-cétone alors que le cyclohexanol se transforme à 250°, avec un excellent rendement, en cyclohexanone.

Au point de vue de la déshydrogénation, ces catalyseurs ont une activité remarquable, comparable à celle du Cu de Sabatier et ils ont, de plus, une grande stabilité, le même métal ayant servi à faire les diverses hydrogénations indiquées.

Hydrogénations. — J'ai opéré dans un appareil à hydrogénation sous pression avec une pression initiale d'hydrogène à 20° de 100^{kg}, à des températures variables suivant les corps et en utilisant 10 pour 100 de catalyseur.

En présence de Co ou de Cu les aldéhydes et les cétones réagissent de 100 à 125° en donnant les alcools correspondants. De même l'alcool allylique est transformé en alcool propylique.

A 100° Co transforme l'heptyne quantitativement en heptane, mais le Cu donne un mélange d'heptane, de di- et triheptène.

Avec le Cu le limonène à 175° donne le carvomenthène et avec Co un mélange de carvomenthène et d'hexahydrocymène.

Le pinène, le cyclohexène, le benzène ne peuvent être hydrogénés en présence de Cu; avec Co à 150° le pinène est transformé en pinane, à 110° le cyclohexène en cyclohexane, à 175° le benzène en cyclohexane.

Le Co donne des hydrogénations globales, le Cu moins actif conserve la propriété, signalée par Sabatier d'hydrogénation sélective des doubles liaisons en α.

Des recherches sont en cours en vue d'étendre la méthode de préparation à d'autres métaux pour étudier leurs propriétés catalytiques.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la germination des grains de pollen.* Note [1] de M. **Henri Coupin**, transmise par M. Pierre-Augustin Dangeard.

Bien que la germination des grains de pollen ait été étudiée de nombreuses fois par une foule d'observateurs, on chercherait en vain, dans la bibliographie la concernant, quelques précisions sur quelques points secondaires, comme, par exemple, le temps que les grains mûrs mettent à germer lorsqu'on les place dans les conditions les plus favorables à la sortie de leur torpeur. Pour combler cette lacune, j'ai porté mon attention sur des fleurs fraîchement recueillies à la campagne et sélectionnées pour donner des grains de pollen en parfaite maturité; ces grains étaient de suite mis à germer dans des gouttes d'eau sucrée (saccharose à 20 pour 100) placées dans des chambres humides van Tieghem et Lemonnier, la température extérieure oscillant au voisinage de 20°. Le début de la germination que l'on chronométrait, se manifestait par une intumescence apparaissant sur le bord du grain et ne tardait pas à se continuer en un long cordon cylindrique, le *tube pollinique*. Ce sont là des faits bien connus et, au point de vue documentaire, je me suis contenté de les sérier dans le tableau ci-contre, qui se rapporte à des exemples familiers et qui suffiront à me donner une idée (je n'ai pas noté le sort ultérieur des tubes polliniques qui est trop variable et dépend du milieu, souvent envahi par des Bactéries et qui, par ailleurs, les fait fréquemment éclater).

On voit, par ce tableau, que le début de la germination des grains de pollen varie beaucoup d'un type à l'autre puisqu'il peut commencer au bout de 2 minutes (Capucine) ou, au contraire, ne se manifester qu'après 230 minutes (Ansérine) ou, même, seulement 300 minutes (Linaire). Il est aussi à remarquer que cette diversité peut être constatée entre espèces très voisines, comme le fait, par exemple, a lieu chez *Trifolium repens* et *Trifolium pratense*, ce qui, sans doute empêche, avec beaucoup d'autres raisons, l'hybridité.

Par d'autres observations analogues (qu'il serait trop long de détailler) on peut aussi constater que les grains de pollen sont très sensibles à la température (la température optimum paraît être, en général,

---

(1) Séance du 3 août 1936.

entre 20° et 25°); pour peu que celle-ci baisse, voire même d'un très petit nombre de degrés (au-dessous de 15°, par exemple, pour beaucoup), ils germent moins vite ou, même, ne germent pas du tout. Ce dernier cas, d'ailleurs, est fréquent, en toute absence de température trop faible, aussi bien chez de nombreuses espèces sauvages (*Anagallis arvensis*, *Polygonum Persicaria*, *Sinapis arvensis*, *Ranunculus acris*, *Urtica dioica*, etc.) ou, surtout, cultivées (*Ligustrum vulgara*) et la plupart des espèces horticoles que les soins dont elles sont l'objet et la sélection longtemps poursuivie ont rendues stériles par excès de bien-être.

	La germination du grain débute au bout de	Le tube pollinique atteint, en longueur, le diamètre du grain au bout de	le double du diamètre du grain au bout de
	min	min	min
Capucine (*Tropæolum majus*)	2	7	23
Ray-grass (*Lolium italicum*)	3	»	»
Mouron des oiseaux (*Stellaria media*)	5	15	45
Trèfle blanc (*Trifolium repens*)	12	24	28
Pois de senteur (*Lathyrus odoratus*)	13	53	70
Haricot (*Phaseolus vulgaris*)	15	30	45
Vesce des haies (*Vicia sepium*)	25	60	90
Gaillet (*Galium mollugo*)	30	»	»
Lotier (*Lotus corniculatus*)	45	60	75
Lobélia bleu (*Lobelia Erinus*)	45	75	90
Trèfle rouge (*Trifolium pratense*)	60	»	90
Véronique agreste (*Veronica agrestis*)	120	180	240
Muflier horticole (*Antirrhinum majus*)	20	»	360
Chèvrefeuille (*Lonicera Caprifolium*)	220	360	»
Ansérine (*Potentilla Anserina*)	230	260	300
Linaire (*Linaria vulgaris*)	300	»	600

ZOOLOGIE. — *Cycle et dimorphisme sexuel de* Lacuna pallidula *Da Costa* (Littorinidæ). Note de MM. **Louis Gallien** et **Marc de Larambergue**, présentée par M. Maurice Caullery.

Les Gastropodes Prosobranches sont en général unisexués; cependant, chez les *Calyptræidæ* et les *Capulidæ*, les jeunes passent par un stade mâle fonctionnel et par une étape intersexuée, avant d'atteindre l'état femelle définitif. C'est aussi le cas de *Janthina bicolor*, récemment étudié par Ankel

(1930) et cet auteur se demande s'il n'en serait pas de même pour d'autres Prosobranches à mâles de petite taille, notamment pour *Lacuna pallidula*.

La femelle de *Lacuna pallidula* pèse environ dix fois plus que le mâle. Ce dimorphisme exagéré a été signalé par Pelseneer (1902). En vue d'étudier le cycle de *Lacuna* nous avons procédé à des récoltes mensuelles et nous donnons dans cette Note préliminaire un résumé de nos observations.

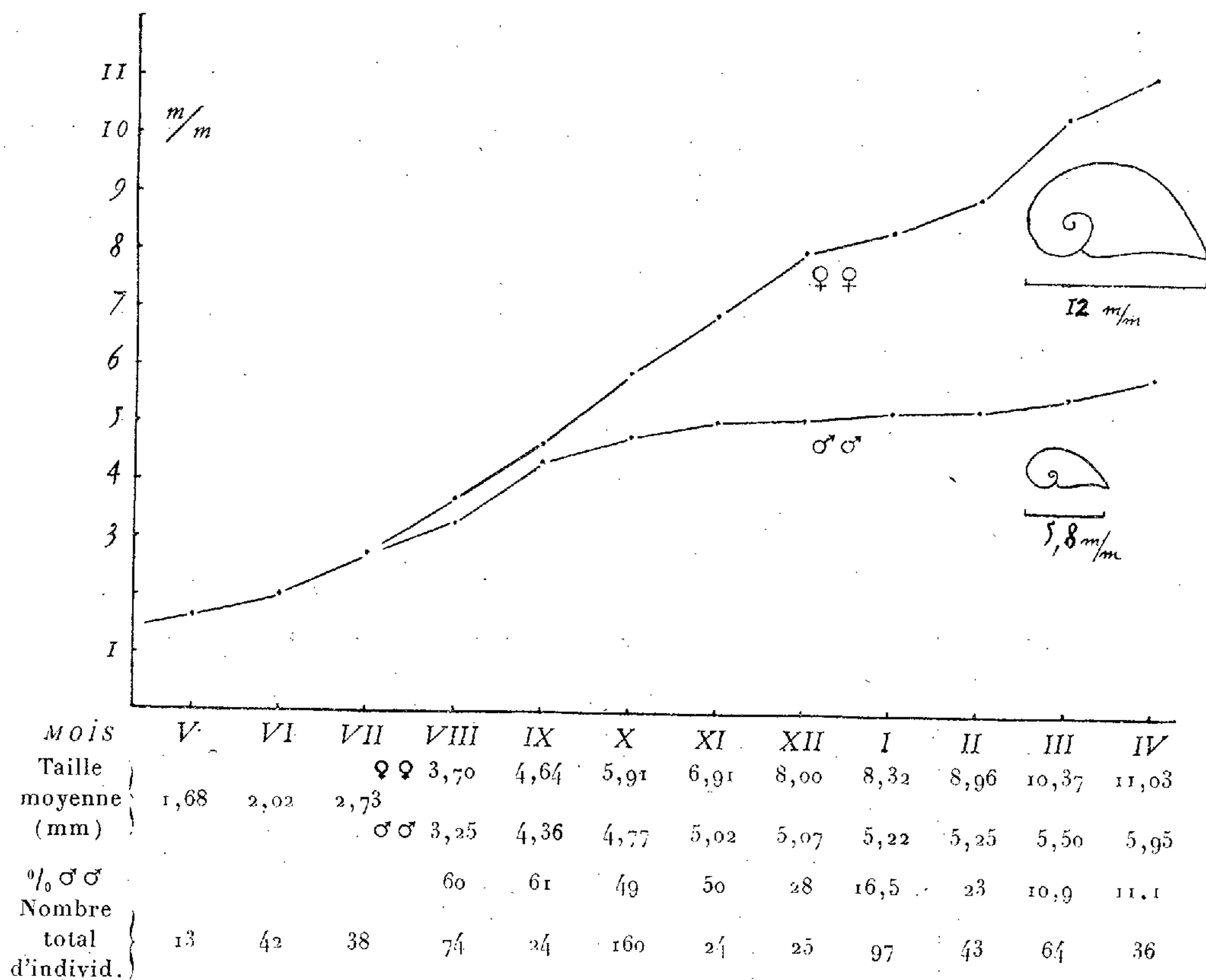
Au mois de mars et avril, à Wimereux (Pas-de-Calais), on rencontre les *Lacuna* adultes sur *Fucus serratus* et sur *Laminaria flexicaulis*, où sont aussi fixées les pontes. Il est facile de distinguer, d'après la taille, avant tout examen anatomique, les femelles qui mesurent de 9 à 12^{mm}, des mâles qui atteignent 5 à 6^{mm}; ceux-ci sont souvent fixés sur la coquille des femelles, près de l'ouverture palléale. Au printemps, nous avons trouvé une très faible proportion de mâles et, pendant les mois de mai et juin, les adultes disparaissent, l'espèce n'étant plus représentée que par les jeunes.

Afin de suivre le développement de cette nouvelle génération, nous avons mesuré la hauteur de coquille des individus récoltés; la variation est étendue dans une même récolte, en raison des différences d'âge des sujets. Il ne nous a pas été possible de distinguer le sexe des jeunes d'après la forme de leur coquille. Nous n'avons pu déterminer le sexe sûrement qu'à partir de l'époque où les jeunes sont assez développés (août) pour que les mâles aient un pénis bien ébauché à la base du tentacule droit. Nous avons réparti les mollusques d'après ce caractère indiscutable avant de les mesurer.

Nous indiquons dans le tableau ci-joint les moyennes de ces mesures, ainsi que les pourcentages de mâles observés. Pendant l'été, les mâles sont un peu plus nombreux que les femelles; vers novembre, les sexes sont à égalité, et l'on rencontre déjà des mâles adultes. La proportion relative des mâles diminue ensuite jusqu'à la fin du cycle; ils disparaissent successivement, après avoir rempli leur rôle fécondant, tandis que les femelles continuent de croître et ont une durée de vie un peu plus prolongée. Le graphique représentatif de la croissance des sexes exprime bien l'exagération du dimorphisme de taille. Le cycle de l'espèce est typiquement annuel et se déroule tout entier dans la même zone côtière

Nous n'avons pas rencontré d'individu présentant des traces d'intersexualité, au cours de nos recherches histologiques. La gonade et le tractus génital nous ont toujours paru appartenir exclusivement à l'un ou l'autre sexe. En automne, la spermatogenèse est en pleine évolution et, chez

les mâles les plus avancés, le canal déférent pelotonné est plein de sperme mûr. Dès le mois de novembre, nous avons des femelles, dont la taille n'excédait pas celle d'un mâle adulte, qui avaient été fécondées. Le sperme déposé s'était déjà accumulé dans la région spécialisée de l'oviducte et insinué même jusqu'entre les ovocytes, où la vitellogenèse était à peine



Mois	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV
Taille moyenne (mm) ♀♀				3,70	4,64	5,91	6,91	8,00	8,32	8,96	10,37	11,03
Taille moyenne (mm)	1,68	2,02	2,73									
Taille moyenne (mm) ♂♂				3,25	4,36	4,77	5,02	5,07	5,22	5,25	5,50	5,95
% ♂♂				60	61	49	50	28	16,5	23	10,9	11,1
Nombre total d'individ.	13	42	38	74	34	160	24	25	97	43	64	36

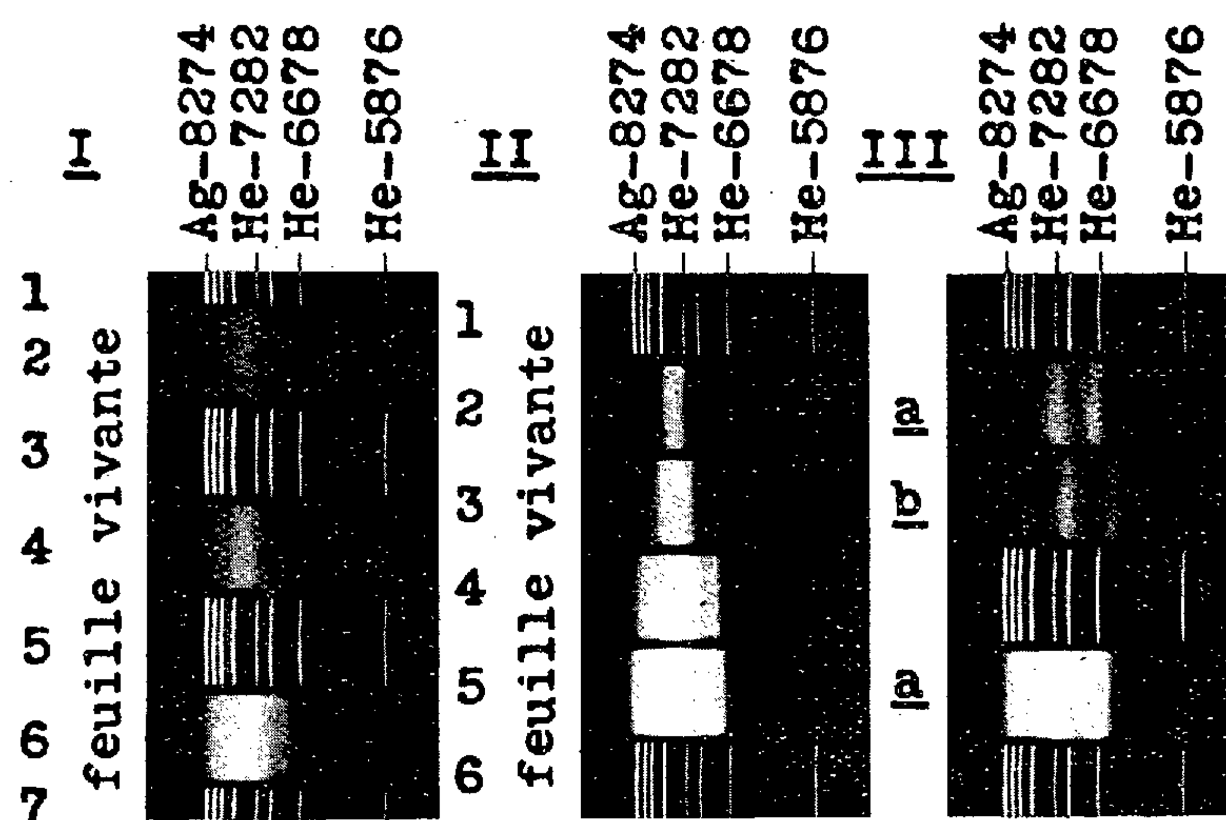
ébauchée. A partir de décembre, nous avons trouvé des pontes de *Lacuna*. Leur développement paraît être très lent en hiver. Le maximum des pontes a lieu en mars-avril. Les dernières éclosions s'observent au début de juillet.

Lacuna pallidula est donc une espèce unisexuée et son dimorphisme accusé ne provient pas d'une transformation des jeunes mâles en femelles, mais d'une croissance différentielle des sexes. Ce dimorphisme ne paraît pas jouer un rôle important dans la reconnaissance des sexes, puisqu'on trouve de jeunes femelles n'ayant pas dépassé la taille d'un mâle adulte et

déjà fécondées. L'espèce, étant annuelle, ne présente qu'un seule cycle et nous n'avons pas observé de régression simultanée de la gonade et du tractus génital, comme en présentent d'autres espèces de Littorines en période de repos (*Pelseneer*-1926, *Linke*-1934-35).

SPECTROCHIMIE BIOLOGIQUE. — *La feuille de Géranium vivante émet un rayonnement de fluorescence qui s'étend dans l'infrarouge jusqu'à* λ 830$^{m\mu}$. Note [1] de MM. **Charles Dhéré** et **Oscar Biermacher**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

L'un de nous, avec Mlle A. Raffy, avait signalé l'année dernière [2] l'existence d'une fluorescence infrarouge pour la feuille vivante. La bande d'émission photographiée alors avait pour axe λ 738 et s'étendait jusqu'à λ 761. Nous avons repris cette étude avec des plaques sensibilisées pour



Spectres de fluorescence de la feuille vivante (I et II) et des chorophylles *a* et *b* dissoutes dans l'éther éthylique (III). Les bandes de fluorescence en blanc sur fond noir.

des rayons de plus grandes longueurs d'onde, ce qui nous a permis de faire quelques constatations nouvelles.

Examinons d'abord le spectrogramme du milieu (II), obtenu sur plaque

(1) Séance du 15 juillet 1936.

(2) Ch. Dhéré et A. Raffy, *Comptes rendus*, **200**, 1935, p. 1146.

Agfa 800 *Rapid* : c'est précisément la bande d'axe λ 740 environ qu'on voit à peu près uniquement avec les deux premières poses relativement courtes (5 et 10 minutes, spectres n°s 2 et 3). Mais, en posant davantage, apparaissent deux autres bandes, dont l'une est la bande bien connue dans le rouge, ayant ici un axe voisin de λ 685, tandis que, du côté des grandes longueurs d'onde, on aperçoit sur le spectre n° 5, par exemple, une bande brillante étendue jusqu'à λ 830,5 et ayant pour axe λ 812$^{m\mu}$. Le minimum séparant les deux bandes de fluorescence situées dans l'infrarouge n'est guère distinct sur la reproduction pour la feuille vivante, alors qu'il est bien net dans le cas des bandes correspondantes pour les chlorophylles *a* ou *b*, comme le montre la reproduction du spectrogramme III (spectres n°s 2 et 3). Ajoutons que ce dernier spectrogramme ainsi que le spectrogramme I (feuille vivante) ont été enregistrés sur plaque *Ilford Infra Red*.

Le dispositif utilisé pour photographier le spectre de la feuille vivante est décrit et figuré dans un travail de Dhéré et Raffy [1]. Le morceau de feuille de Géranium était renouvelé toutes les cinq minutes, et chaque minute on déplaçait la région irradiée (rayons excitateurs bleus, violets et ultraviolets). Les résultats obtenus pour les trois bandes principales, dans le cas de la feuille vivante, ont été à peu près les mêmes pour les spectrogrammes I et II. Cependant, il faut mentionner qu'avec la plaque Ilford, on a réussi à voir assez distinctement deux bandes supplémentaires sur λ 769 et λ 722. Bien que la sensibilité des plaques spéciales pour l'infrarouge soit loin d'être uniforme entre 850 et 650, nous croyons que toutes ces bandes enregistrées expriment assez exactement la structure du spectre d'émission. A ce point de vue, il est très instructif de comparer les spectres n°s 2 et 3 du spectrogramme III. On voit que, pour chacune de ces chlorophylles, les positions des maximums ne coïncident pas du tout : pour *a*, les axes des bandes brillantes sont λ 801, λ 736 et λ 672; pour *b* [2], λ 789, λ 713 et λ 651.

Il paraît douteux que, pour la chlorophylle *in vivo*, l'émission par fluorescence dépasse notablement λ 830$^{m\mu}$; la nouvelle bande ayant pour axe λ 812 environ, que nous venons de faire connaître, est d'ailleurs bien plus faible que celle sur λ 740. Il est donc probable qu'en photographiant des feuilles vertes avec interposition de filtres perméables uniquement aux rayons de λ > 800, la fluorescence est bien loin de jouer un rôle compa-

---

[1] *Bull. Soc. Chim. biol.*, 17, 1935, p. 1385.

[2] Fente du collimateur ouverte à 0^{mm},08 pour le spectrogramme III et à 0^{mm},16 pour les spectrogrammes I et II. Avec la chlorophylle *a*, il semble y avoir deux bandes d'émission supplémentaires sur λ 749 (?) et sur λ 706. La chlorophylle *b* avait été purifiée au moyen d'hexane (Cf. Ch. Dhéré et O. Biermacher, *C. R. Soc. Biol.*, 122, 1936, p. 591); et sur le cliché, on n'aperçoit aucune trace des bandes de *a*.

rable à celui qu'on est porté à lui attribuer au voisinage de λ 740 (Dhéré et Raffy). Au-dessus de λ 760, ce n'est d'ailleurs pas le pouvoir de réflexion de la chlorophylle, mais seulement celui de la cellulose qni intervient dans les conditions ordinaires d'éclairage, la chlorophylle étant remarquablement transparente pour les rayons du proche infrarouge ([1]).

PHYSICOCHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur les relations existant entre le magnésium du muscle et la chronaxie.* Note ([2]) de MM. **René Wolff, Maurice Rangier** et Mlle **Andrée Bourquard**, présentée par M. Alexandre Desgrez.

Nous avons montré que le calcium et le magnésium ([3]) peuvent être considérés comme des constantes cellulaires. La teneur élevée en magnésium, observée pour le muscle, devait attirer l'attention sur les relations possibles entre cet élément et les phénomènes physiologiques de la contraction musculaire.

On connaît maintenant ([4]) le rôle du magnésium et de l'acide adénylphosphorique, comme co-ferment de la transformation du glycogène en acide lactique, avec production d'énergie utilisée pour la synthèse du phosphagène. On sait aussi ([5]), que la constante de temps, ou chronaxie du muscle, est en relation étroite avec le taux du phosphagène et sa vitesse d'hydrolyse. Ces deux réactions étant intimement liées, il nous a paru intéressant de rechercher s'il n'existe pas également un rapport entre le taux du magnésium et la chronaxie.

Nous avons effectué des dosages de magnésium sur des muscles de *Rana fusca* et d'*Astacus fluviatilis*, présentant des différences de chronaxies importantes. Nos recherches ont porté sur les trois muscles suivants de *Rana fusca*; gastrocnémien, tibial antérieur, demi-membraneux, dont les chronaxies sont, d'après L. Lapicque, respectivement $0^\sigma,65$, $0^\sigma,45$ et $0^\sigma,37$ et, d'autre part, sur les muscles de la queue et de la pince d'*Astacus fluviatilis* dont les chronaxies sont : $1^\sigma,3$ et 6^σ.

([1]) Cf. J. Eggert, *Die Naturwissenschaften*, 23, 1935, p. 284.

([2]) Séance du 3 août 1936.

([3]) Wolff et Barthélemy, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1370.

([4]) Lohmann, *Naturwissenchaften*, 19, 1931, p. 180.

([5]) Eggleton, *Journal of Physiol.*, 68, 1929, p. 193; Meyerhoff et Nachmansohn, *Biochemische Zeitschrift*, 222, 1930, p. 1.

Dans le Tableau suivant sont indiqués les résultats obtenus à l'aide de dosages effectués par la méthode à l'oxyquinoléine.

Muscle (2 animaux de même provenance par expérience).	Mg pour 100g de tissu frais.		Mg pour 100g de tissu sec.		Imbibition.
	Chiffres trouvés.	Moyenne.	Chiffres trouvés.	Moyenne.	
		1° *Rana frisca.*			
		Expérience I :			
Gastrocnémiens	25,48 25,14	25,31	117,97 116,40	117,18	3,63
Tibiaux antérieurs	27,48 27,68	27,58	123,66 124,56	124,11	3,50
Demi-membraneux	28,19 28,60	28,40	126,00 127,84	126,92	3,47
		Expérience II :			
Gastrocnémiens	20,67 20,24	20,45	115,76 113,34	114,55	4,60
Tibiaux antérieurs	22,32 22,32	22,32	121,09 121,09	121,09	4,47
Demi-membraneux	22,42 22,18	22,30	124,43 123,10	123,76	4,55
		Expérience III :			
Gastrocnémiens	20,25 20,49	20,37	114,31 115,56	114,89	4,64
Tibiaux antérieurs	22,84 21,98	22,41	124,93 120,23	122,58	4,47
Demi-membraneux	38,89 38,79	38,84	126,39 126,07	126,23	2,25
		2° *Astacus fluviatilis.*			
		Expérience I :			
Queue (animal n° 1)	28,44	28,44	137,62	137,62	3,84
Queue (animal n° 2)	28,91	28,91	136,50	136,50	3,72
Pinces (animal n° 1) Pinces (animal n° 2)	26,47 26,91	26,69	116,47 118,40	117,43	3,40

Conclusions. — 1° L'étude comparée des trois groupes de muscles de la grenouille fait apparaître un fait essentiel, la constance en magnésium d'un muscle donné, rapporté au poids sec, contrastant avec des imbibitions très variables.

Dans le cas des demi-membraneux, cette constatation est frappante; le taux du magnésium, rapporté au poids sec, est sensiblement constant dans les trois expériences, indépendamment de l'eau d'hydratation dont la proportion est très faible dans l'expérience III. Il en résulte que cet élément est lié à la fibre musculaire et qu'il y a lieu de le rapporter au poids sec.

2° Le taux du magnésium est d'autant plus élevé que la chronaxie est plus abaissée. L'élévation de la teneur en co-ferment minéral des muscles rapides met ainsi en évidence un rapport étroit entre l'intensité de la glycolyse et l'activité fonctionnelle du muscle. On observe des variations identiques pour les muscles de l'*Astacus fluviatilis*.

3° Les relations observées entre la chronaxie et le magnésium musculaire ne gardent leur valeur que pour des muscles d'animaux d'une espèce donnée. Ce rapport n'existe plus si l'on compare entre eux des muscles d'espèces aussi différentes que la *Rana fusca* et l'*Astacus fluviatilis*. Ces derniers muscles, malgré leur chronaxie élevée, contiennent plus de magnésium que les précédents, constatation qui s'explique par une différence du chimisme des vertébrés et des invertébrés.

La séance est levée à 15^h30^m.

A. Lx.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MARDI 18 AOUT 1936.

PRÉSIDENCE DE M. HENRI DOUVILLÉ.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

BIOLOGIE MATHÉMATIQUE. — *Le principe de la moindre action en biologie.* Note [1] de M. **Vito Volterra.**

1. N étant la population d'une espèce, dN/N est son *accroissement relatif élémentaire* et $\int_1^N dN/N = \log N$ l'accroissement relatif total nécessaire pour atteindre la valeur actuelle N en partant d'un seul individu.

Or, dX étant l'accroissement élémentaire de la quantité de vie de l'espèce, on a

$$N = \frac{dX}{dt} = X'.$$

On peut appeler *action vitale élémentaire* la quantité

$$\beta \log N\, dX = \beta N \log N\, dt = \beta X' \log X'\, dt,$$

en voulant adopter une locution analogue à celle que l'on emploie en mécanique. (Par $1/\beta$ on entend l'*équivalent* de l'espèce).

Donc, pendant l'intervalle de temps o, t l'action totale sera

$$\int_0^t \beta N \log N\, dt = \int_0^t \beta X' \log X'\, dt,$$

et, si l'on a une association de n espèces, l'*action vitale* totale sera

$$A = \int_0^t \sum_1^n {}_r \beta_r X'_r \log X'_r\, dt = \int_0^t \sum_1^n {}_r \beta_r N_r \log N_r\, dt.$$

---

[1] Séance du 10 août 1936.

Or nous avons trouvé [1] que les lois de la lutte pour la vie dépendent d'une question du calcul des variations, c'est-à-dire que lorsque les équations des fluctuations biologiques sont satisfaites, une certaine expression est *stationnaire* pour toutes variations infinitésimales des paramètres qui individualisent les états successifs d'une association biologique.

Nous allons maintenant démontrer que le passage naturel d'un état à un autre de l'association correspond effectivement, sous *certaines conditions*, à un *minimum* de l'expression que nous avons appelée *action vitale*.

Il en ressort un principe analogue au principe de la moindre action en mécanique.

2. Nous avons mis les équations des fluctuations biologiques sous la forme

$$(1)\qquad \beta_r \frac{d^2X_r}{dt^2} = \left(\varepsilon_r\beta_r + \sum_{1}^{n}{}_s\, a_{sr}\frac{dX_s}{dt}\right)\frac{dX_r}{dt}$$

et nous avons trouvé les intégrales [2]

$$(2)\qquad \Theta_r = \beta_r \log X'_r + \sum_{1}^{n}{}_s\, a_{rs}X_s - \varepsilon_r\beta_r t - C_r = 0,$$

$$(3)\qquad P = \sum_{1}^{n}{}_r\, \varepsilon_r\beta_r X_r - \sum_{1}^{n}{}_r\, \beta_r X'_r - C = 0,$$

les C_r et C étant des constantes. On en tire l'intégrale

$$(4)\qquad \begin{aligned}\Theta &= \sum{}_r\, X'_r\Theta_r + P \\ &= \sum_{1}^{n}\beta_r X'_r \log X'_r + \sum_{1}^{n}{}_r \sum_{1}^{n}{}_s\, a_{rs}X_s X_r \\ &\quad - \sum_{1}^{n}{}_r\, \varepsilon_r\beta_r t X'_r - \sum_{1}^{n}{}_r\, C_r X'_r + \sum_{1}^{n}{}_r\, \varepsilon_r\beta_r X_r - \sum_{1}^{n}{}_r\, \beta_r X'_r - C = 0.\end{aligned}$$

Si nous varions les quantités X_r de manière que $\delta t = 0$ (variation isochrone) nous trouverons

$$\delta\Theta = \sum_{1}^{n}{}_r\, \delta X'_r . \Theta_r + \sum_{1}^{n}{}_r\, \delta X_r\left(\sum{}_s\, a_{sr}X'_s + \varepsilon_r\beta_r\right)$$

---

[1] *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1935 et suiv.

[2] *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 2113 et suiv.

et en supposant que les équations (2) soient vérifiées par les $X_1, X_2, \ldots, X_n$ on aura

$$\delta\Theta = \sum_1^n {}_r \delta X_r \left(\sum_1^n {}_s a_{sr} X'_s + \varepsilon_r \beta_r \right).$$

Donc si la variation isochrone sera telle que

$$\sum_1^n {}_r \delta X_r \left(\sum_1^n {}_s a_{sr} X'_s + \varepsilon_r \beta_r \right) = 0,$$

on aura

$$\delta\Theta = 0.$$

c'est-à-dire on pourra par une variation isochrone conserver l'intégrale (4).

Par conséquent les deux conditions

$$\sum_1^n {}_r \delta X_r \left(\sum_1^n {}_s a_{sr} X'_s + \varepsilon_r \beta_r \right) = 0, \tag{5}$$

$$\delta\Theta = 0 \tag{5'}$$

sont équivalentes par une même variation isochrone.

Il est évident que nous pourrons prendre arbitrairement $n-1$ des quantités $\delta X_1, \delta X_2, \ldots, \delta X_n$, et la $n^{\text{ième}}$ sera déterminée par la (5). Par conséquent on pourra annuler contemporairement $\delta X_1, \delta X_2, \ldots, \delta X_n$ aux limites 0, t.

3. Nous avons vu que les conditions (5) et (5′) sont équivalentes. La première exprime que la variation isochrone conserve l'intégrale (4).

Cherchons maintenant d'interpréter la seconde condition.

A cet effet remarquons que, les coefficients d'accroissement des différentes espèces étant à un certain instant $\lambda_1, \lambda_2, \ldots, \lambda_n$ et $\delta X_1, \delta X_2, \ldots, \delta X_n$ étant des variations virtuelles des quantités de vie, on peut regarder

$$\sum_1^n {}_r \beta_r \lambda_r \delta X_r$$

comme *le travail virtuel d'accroissement*. Or les coefficients d'accroissement *vrais* sont

$$\varepsilon_r + \frac{1}{\beta_r} \Sigma_s a_{sr} N_s = \varepsilon_r + \frac{1}{\beta_r} \Sigma_s a_{sr} X'_s \quad (^1),$$

---

(1) On les appelle *vrais* pour les distinguer des coefficients d'accroissement ε_r.

par suite

$$\sum_{1}^{n}{}_{r}(\varepsilon_r\beta_r + \Sigma_s a_{sr}X'_s)\,\delta X_r$$

sera le travail virtuel d'accroissement pour la variation $\delta X_1, \delta X_2, \ldots, \delta X_n$. C'est pourquoi la condition (5) exprime que le *travail d'accroissement virtuel* est nul.

4. Donnons maintenant une démonstration de la propriété annoncée au paragraphe 1. Écrivons d'abord [voir citation du paragraphe 1, p. 1956, form. (B')]

$$2\Phi - \Theta = \sum_{n}^{1}{}_{r}\beta_r \log X'_r + \frac{d}{dt}\left[\sum_{1}^{n}{}_{r}\varepsilon_r\beta_r t X_r + \sum_{1}^{n}{}_{r}(C_r + \beta_r)X_r\right] + C,$$

on aura

$$\chi = \sum_{1}^{n}{}_{r}\beta_r X'_r \log X'_r = 2\Phi - \Theta - \frac{d}{dt}\left[\sum_{1}^{n}{}_{r}\varepsilon_r\beta_r t X_r + \sum_{1}^{n}{}_{r}(C_r + \beta_r)X_r\right] - C,$$

et par suite

$$A = \int_0^t \chi\, dt = \int_0^t (2\Phi - \Theta)\, dt - \left[\sum_{1}^{n}\varepsilon_r\beta_r t X_r + \sum_{1}^{n}(C_r + \beta_r)X_r\right]_0^t - Ct.$$

Prenons $X_1, X_2, \ldots, X_n$ tels que les équations (1) soient vérifiées, c'est-à-dire que l'on ait

$$\frac{d}{dt}\frac{\partial\Phi}{\partial X'_r} - \frac{\partial\Phi}{\partial X_r} = 0.$$

En outre supposons que les variations isochrones $\delta X_1, \delta X_2, \ldots, \delta X_n$ satisfont la condition

$$\delta\Theta = 0,$$

c'est-à-dire la condition (5), et supposons que ces quantités soient nulles aux limites 0, t.

On aura

$$\delta A = 0.$$

5. Nous arrivons au résultat définitif. En effet on tire de l'équation (6)

$$\delta^2 A = \delta^2\int_0^t \chi\, dt = \int_0^t \sum_{1}^{n}{}_{r}\beta_r \frac{\delta X_r'^2}{X'_r}\, dt.$$

Or les $X'_r = N_r$ sont positives, par suite,

$$\delta^2 A > 0.$$

Donc toute *variation isochrone infiniment petite des* $X_1, X_2, \ldots, X_n$ *conservant l'intégrale* (4), *détermine une augmentation de l'action vitale*.

Il s'agit donc d'un *minimum*. Cela prouve le *principe de la moindre action vitale*.

CORRESPONDANCE.

THÉORIE DES GROUPES. — *Sur la représentation analytique des groupes de Lie*. Note [1] de M. **Herman Auerbach**, transmise par M. Élie Cartan.

Théorème I. — *Soit* $\mathcal{G}$ *un groupe de Lie, réel ou complexe, connexe et intégrable. Si*

$$(1) \qquad u_1, u_2, \ldots, u_r$$

est une base infinitésimale de $\mathcal{G}$ *telle que les transformations infinitésimales* $u_1, \ldots, u_i$ *forment un sous-groupe* $\mathcal{G}_i$ *de* $\mathcal{G}$ *et que* $\mathcal{G}_i$ *soit un sous-groupe invariant de* $\mathcal{G}_{i+1}$ $(i = 1, \ldots, r-1)$, *alors l'expression*

$$(2) \qquad e^{t_1 u_1} e^{t_2 u_2} \ldots e^{t_r u_r}$$

représente le groupe entier.

Démonstration. — Le groupe $\mathcal{G}_{r-1}$ étant un sous-groupe invariant de $\mathcal{G}$, on peut représenter tout élément du groupe $\mathcal{G}$ comme produit de deux éléments appartenant respectivement aux groupes $\mathcal{G}_{r-1}$ et $e^{t_r u_r}$ [2]. Par conséquent, si le groupe $\mathcal{G}_{r-1}$ admet la représentation en question, il en est de même de $\mathcal{G}$. Pour $r = 1$ le théorème est évident.

Lorsque le groupe $\mathcal{G}$ est de rang zéro, il est complètement engendré par ses transformations infinitésimales [3]. Mais il n'en est pas ainsi pour tous

---

(1) Séance du 10 août 1936.

(2) Si un groupe connexe de Lie $\mathcal{G}$ se compose de deux sous-groupes dont un est invariant, tout élément de $\mathcal{G}$ est le produit de deux éléments appartenant respectivement à ces deux groupes. Cela est évident pour les éléments voisins de l'élément-unité et résulte pour les autres éléments d'un théorème bien connu de O. Schreier.

(3) Voir E. Cartan, *Mém. Sc. Math.*, 42, 1930, p. 21.

les groupes intégrables. Par exemple, les éléments du groupe intégrable complexe $x'=ax$, $y'=bx+a^{-1}y$ pour lesquels $a=-1$, $b\neq 0$ ne peuvent être engendrés par aucune transformation infinitésimale. Cependant, il est toujours possible de représenter tout élément du groupe $\mathcal{G}$ comme produit de deux éléments dont chacun est engendré par une transformation infinitésimale. On a en effet le

THÉORÈME II. — *Si la base* (1) *du groupe intégrable* $\mathcal{G}$ *est choisie de manière que l'un des groupes* $\mathcal{G}_i$, *soit* $\mathcal{G}_p$, *se confonde avec le sous-groupe invariant de rang zéro défini en égalant à zéro les racines de Killing de* $\mathcal{G}$ (¹), *alors l'expression*

$$(3) \qquad e^{t_1u_1+\ldots+t_pu_p}e^{t_{p+1}u_{p+1}+\ldots+t_ru_r}$$

représente le groupe entier.

Démonstration. — Le groupe $\mathcal{G}_p$ (supposé connexe) étant engendré par ses transformations infinitésimales, on peut d'abord remplacer l'expression (3) par

$$(4) \qquad e^{t_1u_1+\ldots+t_pu_p}\,e^{t_{p+1}u_{p+1}}\ldots e^{t_ru_r}.$$

Posons

$$(5) \qquad A(\vartheta)=e^{\vartheta t_{p+1}u_{p+1}}\ldots e^{\vartheta t_ru_r}\,e^{-\vartheta(t_{p+1}u_{p+1}+\ldots+t_ru_r)} \qquad (0\leqq\vartheta\leqq 1).$$

A cet élément correspond dans le groupe adjoint de $\mathcal{G}$ la matrice

$$e^{\vartheta t_{p+1}E_{p+1}}\ldots e^{\vartheta t_rE_r}\,e^{-\vartheta(t_{p+1}E_{p+1}+\ldots+t_rE_r)},$$

dont les multiplicateurs sont tous égaux à 1. Or les éléments du groupe $\mathcal{G}$ pour lesquels les matrices correspondantes du groupe adjoint jouissent de cette propriété forment évidemment un sous-groupe fermé dans $\mathcal{G}$. D'après un théorème important de M. Cartan (²) c'est un groupe de Lie. Il est aisé de voir que la composante de ce groupe qui contient l'élément-unité coïncide avec $\mathcal{G}_p$.

En faisant varier dans (5) ϑ de 0 à 1, on voit que l'élément A(1) appartient à cette composante et, par suite, est engendré par une transformation infinitésimale de $\mathcal{G}_p$. On a donc

$$e^{t_{p+1}u_{p+1}}\ldots e^{t_ru_r}=e^{s_1u_1+\ldots+s_pu_p}\,e^{t_{p+1}u_{p+1}+\ldots+t_ru_r}.$$

En portant dans (4) on obtient la représentation cherchée.

(¹) Cela est toujours possible, puisque ce groupe contient le groupe dérivé de $\mathcal{G}$.

(²) E. CARTAN, *loc. cit.*, p. 24.

Théorème III. — *Tout élément d'un groupe connexe de Lie $\mathcal{G}$ (réel ou complexe) est le produit de quatre éléments dont chacun est engendré par une transformation infinitésimale.*

Démonstration — Le groupe $\mathcal{G}$ se compose d'un certain nombre de groupes simples échangeables entre eux et de son plus grand sous-groupe invariant intégrable [1]. Tout élément de $\mathcal{G}$ peut être décomposé en facteurs appartenant respectivement à ces différents sous-groupes. Or chaque facteur contenu dans un sous-groupe simple est le produit d'au plus deux éléments engendrés par des transformations infinitésimales de ce sous-groupe [2]. Les sous-groupes simples étant échangeables entre eux, le produit de tous ces facteurs est encore représentable comme produit de deux éléments engendrés par des transformations infinitésimales. Enfin, le dernier facteur l'est aussi, en vertu du théorème II.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur un jet gazeux.* Note [3] de M. **Caïus Jacob**, présentée par M. Henri Villat.

I. En reprenant les notations d'une Note antérieure [4], nous nous proposons d'étudier quelques propriétés du mouvement plan, permanent, infrasonore, d'un fluide parfait compressible venant de l'infini en amont et s'écoulant par un trou BB′ percé dans une paroi constituée par deux droites infinies AB, A′B′, faisant entre elles un angle égal à 2μ, $(0 < \mu < \pi)$; nous choisirons deux axes de coordonnées rectangulaires Ox, Oy et supposerons que Ox est l'axe de symétrie de la figure. La loi caractéristique adoptée pour le gaz est la loi adiabatique. La méthode que nous employons pour obtenir l'expression du potentiel et de la fonction de courant est celle de M. Tchapliguine [5], convenablement étendue ; signalons aussi que le cas où $\mu = \pi/2$ a déjà été traité par M. Tchapliguine dans le travail cité.

---

(1) E.-E. Levi, *Atti Accad. Turino*, **10**, 1905, p. 551-565. Une nouvelle démonstration de ce théorème, valable aussi dans le cas réel, a été récemment donnée par M. J. H. C. Whitehead; voir E. Cartan, *Act. Scient. Ind.*, **358**, 1936, note de la page 19.

(2) E. Cartan, *Ann. di Mat.*, 4e série, **4**, 1926-1927, p. 209-256; et *Ann. Éc. Norm.*, 3e série, **44**, 1927, p. 345-467.

(3) Séance du 10 août 1936.

(4) C. Jacob, *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 125; *Mathematica*, **8**, 1934, p. 201.

(5) A. Tchapliguine, *Annales scientifiques de Moscou*, **21**, 1904, p. 1.

Soient (λ) et (λ') les lignes de courant qui se détachent des parois aux points B et B'; nous désignerons par $q/2$ et $-q/2$ $(q<0)$ les valeurs de la fonction de courant sur (λ) et (λ') et par ρ_0 la densité du fluide à l'infini en amont.

En étudiant d'abord le problème correspondant aux mêmes conditions aux limites pour un liquide parfait, on est conduit aux expressions suivantes du potentiel φ et de la fonction de courant ψ du jet gazeux

$$\varphi(\theta,\tau)=-\frac{q}{2\mu}(1-\tau)^{-\beta}+\frac{q}{4\mu}\int_{\tau_0}^{\tau}\frac{d\tau}{\tau(1-\tau)^{\beta}}$$
$$+\frac{q}{\pi}(1-\tau)^{-\beta}\sum_{n=1}^{\infty}\frac{1}{n}\left(\frac{\tau}{\tau_0}\right)^{\lambda_n}x_n(\tau,\mu)\frac{y_n(\tau,\mu)}{y_n(\tau_0,\mu)}\cos 2\lambda_n\theta$$
$$\psi(\theta,\tau)=-\frac{q\theta}{2\mu}-\frac{q}{\pi}\sum_{n=1}^{\infty}\frac{1}{n}\left(\frac{\tau}{\tau_0}\right)^{\lambda_n}\frac{y_n(\tau,\mu)}{y_n(\tau_0,\mu)}\sin 2\lambda_n\theta,$$

où, rappelons-le, $y_n(\tau,\mu)$ désigne la série hypergéométrique de Gauss, $F(a_n, b_n, c_n;\tau)$, dont les arguments sont donnés par

$$a_n+b_n=2\lambda_n-\beta,\qquad a_n b_n=-\beta\lambda_n(2\lambda_n+1),\qquad c_n=2\lambda_n+1,$$

en posant $\lambda_n=n\pi/2\mu$; on a aussi

$$x_n(\tau,\mu)=1+\frac{\tau}{\lambda_n}\frac{\partial}{\partial\tau}(\log y_n).$$

Le coefficient de contraction du jet est donné par

$$c(\tau_0,\mu)=\frac{1}{1+2\pi\sin\mu\sum_{n=1}^{\infty}(-1)^{n-1}\frac{n x_n(\tau_0,\mu)}{n^2\pi^2-\mu^2}},$$

la largeur de l'orifice $l_{BB'}$ ayant comme expression

$$l_{BB'}=\frac{q(1-\tau_0)^{-\beta}}{\sqrt{2\alpha\tau_0}}\left[1+2\pi\sin\mu\sum_{n=1}^{\infty}(-1)^{n-1}\frac{n x_n(\tau_0,\mu)}{n^2\pi^2-\mu^2}\right].$$

II. *Propriétés de la fonction* $x_n(\tau,\mu)$. — On a les inégalités suivantes, qui s'établissent à partir de l'équation différentielle de Riccati que vérifie $x_n(\tau,\mu)$ comme fonction de τ,

(a) $$\lambda_n x_n<\lambda_{n+p}x_{n+p}\qquad(0<x_n\leqq 1,\ x_n\geqq x_{n+p}),$$

(b) $$\lambda_n(1-x_{n+p})<\lambda_{n+p}(1-x_n),$$

(c) $$\gamma_n(\tau,\mu)=\frac{\partial x_n}{\partial\mu}\geqq 0,\qquad \gamma_n\leqq\frac{x_n}{\mu},$$

et

(d) $$\lambda_{n+p}y_n \geqq \lambda_n y_{n+p},$$

(e) $$0 \leqq \frac{\partial y_n}{\partial \mu} \leqq \frac{2\beta\lambda_n}{\mu} y_n \log \frac{1}{1-\tau},$$

(f) $$\lambda_{n+p} \frac{\partial x_n}{\partial \tau} < \lambda_n \frac{\partial x_{n+p}}{\partial \tau} < 0,$$

p étant un nombre entier positif. De plus, $1/\lambda_n\, \partial x_n/\partial\tau$ tend vers zéro lorsque n croît indéfiniment. C'est ce qui résulte du fait que $x_n(\tau, \mu)$ tend vers $\sqrt{1-2\beta\tau/(1-\tau)}$ pour $n = +\infty$.

III. *Propriétés du mouvement considéré.* — Les propriétés ci-dessus indiquées de la fonction $x_n(\tau, \mu)$ nous permettent d'étudier le coefficient de contraction et la largeur de l'orifice comme fonctions de τ_0 et de μ. On voit d'abord que $c(\tau_0, \mu)$ est une fonction continue et à dérivées premières continues par rapport à ces variables, pour $0 < \mu < \pi$, $0 \leqq \tau_0 \leqq 1/(2\beta+1)$, qui vérifie les inégalités $1/2 \leqq c(\tau_0, \mu) \leqq 1$. En vertu de (f) on a $\partial c/\partial\tau_0 > 0$, ce qui entraîne une meilleure limitation de $c(\sigma_0, \mu)$, à savoir

$$k(\mu) = c(0, \mu) \leqq c(\tau_0, \mu) \leqq c\left(\frac{1}{2\beta+1}, \mu\right);$$

$k(u)$ est le coefficient de contraction du jet liquide associé. On peut montrer de plus que, *en nous bornant au cas où* $0 < \mu \leqq \pi/2$, *parmi tous les écoulements ayant le même débit et la même vitesse à l'infini en aval, c'est pour celui correspondant à des parois en prolongement l'une de l'autre* ($\mu = \pi/2$) *que le coefficient de contraction est le plus petit.* En particulier, on a, dans le cas de l'air, $\pi/(\pi+2) \leqq c(\tau_0, \pi/2) \leqq 0{,}74\ldots$. Il s'ensuit aussi que *la largeur de l'orifice* BB' *est une fonction croissante de* μ *et décroissante par rapport à* τ_0.

Ces propriétés permettent de discuter aisément le problème de la détermination de τ_0 pour des parois données à l'avance, le débit étant donné. Signalons encore le résultat suivant, obtenu en comparant différents jets correspondant au même débit et à la même largeur de l'orifice : *le long des lignes de courant* (λ) *et* (λ'), *la vitesse* V_0 *est une fonction croissante de* μ, $(0 < \mu \leqq \pi/2)$.

En étudiant les systèmes conjugués que vérifient θ et τ comme fonctions de φ et de ψ, on peut établir les propriétés suivantes : 1° le long des lignes de courant la vitesse croît sans cesse de zéro (à l'infini en amont) à la valeur V_0 (à l'infini en aval); 2° sur chaque ligne de courant l'angle θ, que fait la vitesse avec l'axe de symétrie, varie en croissant constamment dans le domaine situé au-dessus de cette axe; il décroît constamment dans le domaine situé au-dessous.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Les problèmes de représentation conforme de Helmholtz ; théorie des sillages et des proues en fluide limité par une ou deux parois planes.* Note [1] de M. **Julien Kravtchenko**, transmise par M. Henri Villat.

Nous avons complété nos théorèmes d'existence [2] par une discussion d'unicité. On peut résumer nos conclusions comme suit : les catégories d'obstacles, pour lesquelles M. J. Leray [3] a prouvé que le problème du sillage possède une solution unique, et celles pour lesquelles il a prouvé que le problème de la proue possède une solution unique et acceptable, jouissent de la même propriété quand le courant fluide, au lieu d'être illimité, est limité par une ou deux parois planes.

I. Cas où la solution du problème du sillage est unique. — L'équation aux variations de l'équation intégro-différentielle de M. Villat [4] équivaut à un problème aux limites envisagé par M. A. Weinstein [5]. Les nouvelles conditions aux limites qui s'introduisent sont les suivantes : la fonction harmonique inconnue β est donnée à une constante additive près sur chacune des parois; elle est continue aux points à l'infini en aval des parois; dans le cas de deux parois elle est discontinue au point à l'infini en amont. Des raisonnements analogues à ceux de M. Leray conduisent aux résultats suivants :

1° *Le problème du sillage posé pour un obstacle symétrique placé symétriquement dans un canal rectiligne possède une seule solution* [6].

2° *Le problème du sillage posé pour un obstacle convexe situé dans un courant limité par une ou deux parois planes possède une seule solution.*

II. Validité des solutions du problème de la proue. — *Toute solution du problème de la proue est acceptable quand l'obstacle est en accolade.*

---

(1) Séance du 10 août 1936.

(2) *Comptes rendus*, 201, 1936, p. 250.

(3) *Commentarii Mathematici Helvetici*, 8, 1936, p. 250.

(4) *Journal de Mathématiques*, 6e série, 7, 1911, p. 353.

(5) Voir, par exemple, *Mathematische Zeitschrift*, 31, 1929, p. 424.

(6) Ce théorème d'unicité a déjà été établi d'une autre manière par M. Weinstein (*loc. cit.*) sous des hypothèses moins générales; il a été étendu depuis par MM. K. Friedrichs (*Mathematische Annalen*, 109, 1933, p. 60) et Leray-Weinstein (*Comptes rendus*, 198, 1934, p. 430).

Ce théorème, déjà établi pour un courant illimité [1], subsiste quand le courant est limité par une ou deux parois planes. En effet le régionnement du domaine fluide en mouvement suivant les signes des parties réelle et imaginaire de la fonction $d\omega/df$ offre les mêmes caractères malgré les nouvelles conditions aux limites que la présence des parois planes impose à la fonction $d\omega/df$ [2].

III. Nombre de solutions du problème de la proue. — Les résultats obtenus dans les deux premiers paragraphes permettent de déduire des raisonnements de M. Leray les conclusions suivantes :

Le problème de la proue possède une solution quand l'obstacle est un arc circulaire convexe, le courant étant limité par une ou deux parois planes [3].

Le problème symétrique de la proue, posé pour un obstacle symétrique en accolade, placé symétriquement dans un canal rectiligne, possède une seule solution.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Les mouvements d'un corps déformable associés aux champs électromagnétiques généraux.* Note [4] de M. **Gino Arrighi**, présentée par M. Louis de Broglie.

1. Nous appellerons champ électromagnétique général le champ des couples de vecteurs

$$\mathrm{E} = -\frac{1}{c}\frac{\partial v}{\partial t}, \tag{1}$$

$$\mathrm{H} = \operatorname{rot} v, \tag{2}$$

où v est un vecteur fonction du point P et du temps t (vecteur potentiel du champ électromagnétique général) et c est la vitesse de la lumière dans le vide.

D'après (1), (2), on a identiquement

$$\operatorname{div} \mathrm{E} = -\frac{1}{c}\frac{\partial \operatorname{div} v}{\partial t}, \tag{3}$$

$$\operatorname{rot} \mathrm{E} = -\frac{1}{c}\frac{\partial \mathrm{H}}{\partial t}, \tag{4}$$

(1) J. Leray, *Sur la validité des solutions du problème de la proue* (*Jubilé de M. M. Brillouin*, 1935, p. 246).

(2) Les raisonnements utilisent notre Note des *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 208.

(3) M. C. Jacob a démontré (*Thèse*, p. 106) l'unicité de la solution du problème de la proue dans le cas du cercle placé symétriquement dans un canal.

(4) Séance du 10 août 1936.

et

(5)
$$\operatorname{div} H = 0, \quad \operatorname{rot} H = \operatorname{rot}^2 v,$$

d'autre part

$$\Delta' v = \operatorname{grad} \operatorname{div} v - \operatorname{rot}^2 v,$$

et, en vertu de

$$\frac{1}{c}\frac{\partial E}{\partial t} = -\frac{1}{c^2}\frac{\partial^2 v}{\partial t^2},$$

la dernière équation (5) nous donne

(6)
$$\operatorname{rot} H = \frac{1}{c}\frac{\partial E}{\partial t} + \operatorname{grad} \operatorname{div} v - \square' v,$$

où $\square'$ est l'opérateur d'Alembertien. Les (3), (4), (5), (6) sont les équations du champ électromagnétique général. En donnant au vecteur potentiel v la valeur

$$v = \Phi - c\int \operatorname{grad} V\, dt,$$

on retombera sur les équations de M. Malet puis sur celles de Lorentz et de M. Ferrier [1].

2. Considérons un mouvement non stationnaire et non irrotationel ayant les $P' = V$ comme équations des trajectoires.

Pour l'accélération dans le mouvement associé au champ électromagnétique général

$$\frac{dv}{dt} = \frac{dv}{dP}v + \frac{\partial v}{\partial t} = K\frac{\partial v}{\partial P}v + \operatorname{rot} v \vee v + \frac{\partial v}{\partial t},$$

en observant que

$$K\frac{dv}{dP}v = \frac{1}{2}\operatorname{grad}(v^2),$$

et, des (1), (2), on tire

$$\frac{dv}{dt} = \frac{1}{2}\operatorname{grad}(v^2) + H \wedge v - cE.$$

En posant

$$F = E + \frac{1}{c} v \wedge H$$

(1) *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 191.

(vecteur de la force électromagnétique générale), on en déduit finalement

$$\frac{dv}{dt} = \frac{1}{2}\,\mathrm{grad}(v^2) - c\mathrm{F}.$$

Dans le cas d'un mouvement irrotationel, on obtient un champ électrique général, et, pour un mouvement stationnaire, nous avons un champ magnétique général.

.Un mouvement irrotationel et stationnaire est associé à un champ électromagnétique nul.

SPECTROSCOPIE. — *Sur le spectre d'absorption du potassium.* Note (¹) de MM. **Ny Tsi-Zé** et **Weng Wen-Po**, transmise par M. Ch. Fabry.

A côté des raies de la série principale des métaux alcalins, on a observé (²) en absorption des raies ou bandes nouvelles. En travaillant avec des vapeurs très denses de rubidium, nous (³) avons pu en découvrir un plus grand nombre. Avec un dispositif analogue à celui décrit dans la Note précédente, nous avons retrouvé toutes les raies ou bandes de potassium déjà signalées par H. Kuhn et par Datta et Chakravarty et constaté l'existence d'autres raies ou bandes nouvelles, et nous les avons classifiées empiriquement en séries.

Pour avoir une longue colonne de vapeur dense de potassium, nous avons utilisé un tube en acier de 80^{cm} de longueur et de $2^{\mathrm{cm}},8$ de diamètre avec deux fenêtres de quartz, mastiquées à la picéine. Le tube est chauffé électriquement sur la majeure partie de sa longueur sauf aux deux extrémités refroidies par une circulation d'eau. La température a varié de 500° à 800° C. Un tube à hydrogène dont le régime normal est de 800 milliampères sous 3000 volts était utilisé comme source lumineuse et l'appareil dispersif était le spectrographe E_1 de Hilger à optique de quartz.

(¹) Séance du 10 août 1936.

(²) H. Kuhn, *Zeit. für Physik*, **79**, 1932, p. 782; Datta et Chakravarty, *Indian Journ. of Physics*, **7**, 1932, p. 273; Ny Tsi-Zé et Choong Shin-Piaw, *Journal de Physique*, **6**, 1935, p. 203.

(³) *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 1428.

	500° C.			800° C.			
4S-mP.	B.	C.	D.	A.	B.	C.	D.
–	–	–	–	–	3482,8 Å	–	–
–	–	–	–	–	3467,4	–	–
–	3461,5 Å	–	–	–	3461,5	–	–
3447,7 Å	–	–	–	–	–	–	–
3446,7	–	–	–	–	–	–	–
–	–	3434,0 Å	–	–	–	3434,0 Å	–
–	–	–	–	–	–	–	3422,3 Å
–	–	–	–	–	3227,5	–	–
–	3221,4	–	–	–	3221,4	–	–
3217,5	–	–	–	–	–	–	–
3217,0	–	–	–	–	–	–	–
–	–	3214,7	–	–	–	3214,7	–
–	–	–	–	–	–	–	3210,6
–	–	–	–	3124,6 Å	–	–	–
–	–	–	–	3117,6	–	–	–
–	–	–	–	–	3111,3	–	–
–	3106,6	–	–	–	3106,6	–	–
3102,2	–	–	–	–	–	–	–
3102,0	–	–	–	–	–	–	–
–	–	3101,5	–	–	–	3101,5	–
–	–	–	–	–	–	–	3098,1
–	–	–	–	–	–	–	3095,0
–	–	–	–	3044,2	–	–	–
–	–	–	–	–	3040,0	–	–
–	–	–	–	–	3037,7	–	–
3034,8	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	3032,6 Å	–	–	–	3032,6
–	–	–	–	–	–	–	3031,0
–	–	–	–	2998,1	–	–	–
2992,2	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	2990,7	–	–	–	2990,7
–	–	–	–	2967,3	–	–	–
2963,2	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	2962,0	–	–	–	2962,0
–	–	–	–	2944,7	–	–	–
2942,7	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	2941,6	–	–	–	2941,6
2927,9	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	2926,4

A la température de 500° C. apparaissent, d'une part, deux raies nouvelles à côté de chacune des raies principales 4S-6P, 4S-7P et 4S-8P, l'une située du côté des courtes longueurs d'onde et l'autre du côté opposé et, d'autre part, à côté de chaque raie de 4S-9P à 4S-12P seulement une raie nouvelle du côté des courtes longueurs d'onde. Les trois raies du côté de grandes longueurs d'onde font partie d'une série B, tandis que celles du côté des courtes longueurs d'onde appartiennent à deux séries C et D comme les spectres pris à de plus hautes températures le montrent. Les raies des trois séries se rapprochent de plus en plus des raies voisines de la série principale à mesure que les numéros d'ordre de ces dernières augmentent.

A la température de 650° C. environ commencent à apparaître d'autres raies nouvelles du côté de grandes lougueurs d'onde des raies principales. Ces raies nouvelles sont plus écartées des raies principales que celles de la série B et elles font partie d'une série A. D'autre part, du côté des courtes longueurs d'ondes des raies principales apparaissent aussi des raies nouvelles, qui s'en écartent plus que celles de la série C et qui complètent la série D.

Nous observons à la température de 700° C. entre les deux raies 4S-5P et 4S-6P un système de bandes qui n'a pas été antérieurement signalé à notre connaissance et dont les longueurs d'onde de quelques têtes des bandes sont indiquées ci-dessous :

3598 3588 3579 3471 3563 3555 3547 3539 3532 Å.

Ces bandes sont diffuses et dégradent vers le rouge.

MINÉRALOGIE. — *Sur les sépiolites*. Note (¹) de MM. **Henri Longchambon** et **Georges Migeon**

Nous avons eu l'occasion d'étudier trois nouveaux échantillons de sépiolite remarquables par leur haut degré de cristallinité et de pureté. L'un, de provenance inconnue, a l'aspect d'un cuir de montagne très souple à structure macroscopiquement fibreuse enchevêtrée (échantillon I). Le second provenant du Piémont a l'aspect d'un carton de montagne à texture fibreuse enchevêtrée (échantillon II). Le troisième, provenant de Strazek et dû à l'obligeance de M. Slavik, se présente comme un carton de montagne dur et cassant à texture fibreuse partiellement orientée (échantillon III).

(¹) Séance du 10 août 1936.

Ces échantillons à texture fibreuse visible à l'œil nu se rapprochent ainsi de la sépiolite d'Ampandrandava dont Mlle Caillère et nous avons décrit antérieurement les caractéristiques et qui reste le seul échantillon connu à ce jour comme offrant un parallélisme rigoureux de ses fibres.

Nous avons appliqué à ces trois échantillons les mêmes techniques d'étude des propriétés physico-chimiques que celles utilisées pour l'échantillon d'Ampandrandava et pour un certain nombre de sépiolites cryptocristallines [1] à savoir : établissement des courbes de déshydratation et des courbes dilatométriques, étude des propriétés zéolitiques, étude des radiogrammes de diffraction du rayonnement X et de leur évolution en fonction de la température.

Les caractéristiques ainsi obtenues sont identiques à celles que nous avions précédemment observées.

D'autre part l'analyse chimique de ces échantillons a donné les résultats suivants :

									H^2O			
	SiO^2.	Al^2O^3.	Fe^2O^3.	MnO.	CaO.	MgO.	K^2O.	Na^2O.	zéolitique.	entre 350° et 750°.	à 750°.	Total.
I.....	53,85	0,62	0,16	»	0,33	24,68	0,04	0,26	13,75	4	2,25	99,94
II....	53,24	0,19	1,95	»	0,46	22,87	0,15	0,27	13,95	3,96	2,48	99,52
III...	52,90	0,46	0,74	0,69	0,24	23,20	0,07	0,22	15,52	3,97	1,74	99,75

L'ensemble de ces résultats physiques et chimiques confirme les caractéristiques d'espèce précédemment indiquées et nous conduit à la même interprétation théorique [2]. Ces trois échantillons apparaissent comme des corps à structure fibreuse d'amphibole et toutes leurs propriétés sont correctement représentées par les formules suivantes, en réunissant l'aluminium au calcium et aux alcalins sous le terme Mg :

I. $Si^4O^{11}Mg^{2,8}H^{0,4}.1H^2O.(H^2O)^Z$ $(Z=3,4)$,

II. $Si^4O^{11}Mg^{2,7}H^{0,6}.1H^2O.(H^2O)^Z$ $(Z=3,5)$,

III. $Si^4O^{11}Mg^{2,75}H^{0,5}.1H^2O.(H^2O)^Z$ $(Z=3,9)$.

Nous ne pouvons adopter l'interprétation théorique récemment proposée pour les sépiolites par M. J. de Lapparent [3] et qui tend à attribuer à ce minéral une structure de phyllite du type de celle des micas. Cette inter-

(1) G. Migeon, *Bull. Soc. franç. de Min.*, 59, 1936, p. 6.

(2) H. Longchambon, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1607; H. Longchambon et G. Migeon, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1946.

(3) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1728.

prétation, qui néglige bien des particularités observées avec les sépiolites, reste spéculative. L'observation dans la structure d'une équidistance voisine de 10 angströms ne peut suffire à caractériser une phyllite. L'observation dans la sépiolite d'Ampandrandava de plans de clivages à 90° dont le jeu découperait la masse en prismes parallèles et expliquerait ainsi la texture apparemment fibreuse de l'échantillon aurait pour conséquence que l'on se trouverait ainsi en présence d'un monocristal homogène de dimensions sensibles. Ce dernier fait, qui serait de la plus haute importance pour l'étude de la structure des sépiolites, pourrait être immédiatement vérifié par diffraction du rayonnement X. Jusqu'ici, dans les très nombreux radiogrammes que nous avons effectués avec ce minéral maintenu immobile, nous avons invariablement obtenu un parfait radiogramme *de fibres* au sens précis que les cristallographes donnent à ce mot, résultat contraire à l'hypothèse d'un monocristal.

La relation structurale que nous avions signalée entre les sépiolites et le composant de certaines terres à foulons comme celle de Mormoiron ([1]), relation qu'admet M. de Lapparent, confirme d'autre part notre interprétation des sépiolites. Ce composant est en effet une palygorskite à structure fibreuse.

GÉOLOGIE. — *Le Néocomien dans l'Aurès (Algérie).* Note ([2]) de M. **Robert Laffitte**, présentée par M. Ch. Jacob.

L'existence du Néocomien dans l'Aurès a été révélée par les explorations de Tissot, et c'est d'après ses indications que ce terrain a été figuré sur la carte géologique au 800.000ᵉ de l'Algérie; mais ces affleurements n'ont jamais été décrits et il n'a pas été cité de fossiles.

A la périphérie des terrains jurassiques qui forment le cœur de l'anticlinal du Djebel el Azereg ([3]), on observe une importante auréole de terrains néocomiens avec la succession suivante :

1. Marnes jaunes-verdâtres ou blanchâtres, reposant en concordance sur le Berriasien au Nord-Est, ou sur les dolomies tithoniques perforées par des Mollusques lithophages au Sud-Ouest. A la base, un horizon à fossiles pyriteux m'a fourni : *Phylloceras serum* Oppel, *P. Thetys* d'Orb., *P. semisulcatum* d'Orb. type et var.

([1]) H. Longchambon, *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 483.
([2]) Séance du 10 août 1936.
([3]) Robert Laffitte, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 773.

Gevreyi Sayn, *P. Calypso* d'Orb. *Lytoceras Juilleti* d'Orb., *L. quadrisulcatum* d'Orb,, *Hoplites* (*Neocomites*) *neocomiensis* d'Orb. type et variétés *premolica* Sayn et *subquadrata* Sayn, *H.* (*N.*) *eucyrtus* Sayn, *H.* (*N.*) cf. *trezanensis* Lory, *H.* (*Thurmannia*) *Thurmanni* Pict. et Camp., *H.* (*T.*) *pontetiana* Sayn, *H.* (*T. salientina* Sayn, *H.* (*Kilianella*) *Roubaudi*, d'Orb., *H.* (*K.*) *lucensis* Sayn, *H.* (*K.*) *ischnotera* Sayn, *Holcostephanus* (*Astieria*) sp. aff. *Chaignoni* Sayn, *H.* (*Spiticeras*) sp. aff. *binodum* Burckh., *H.* (*S.*) sp. (2 espèces), *Simoceras diense* Sayn, *Garnieria* sp. (2 espèces), *Oppelia* (*Streblites*) sp., *Lissoceras Grasi* d'Orb., *L.* cf. *leiosoma* Opp., *Bochianites neocomiensis* d'Orb., *Toxoceras* (?) sp., *Belemnites* (*Duvalia*) *latus* de Bl., *B.* (*D.*) *polygonalis* de Bl. var. *trabiformis* Duv. J., *B.* (*Aulacobelus*) *subfusiformis* Rasp. (1), *Trochus* sp., *Pleurotomaria* sp., *Nucula* sp., *Arca* sp., *Astarte* sp., *Lucina* sp., *Terebratula Carteroni* d'Orb., *Holectypus* sp., *Collyrites* (*Cardiopelta*) cf. *oblongus* d'Orb., *Serpula* sp., Polypiers. — Épaisseur, 100m.

2. Alternances de marnes et de calcaires avec intercalations de bancs de quartzites; les bancs calcaires contiennent : *Phylloceras serum* Opp., *Hoplites* (*Thurmannia*) *Thurmanni* Pict. et Camp. var. *gratianopolitensis* Sayn, *Belemnites* (*Aulacobelus*) *subfusiformis* de Blainv., *Exogyra latissima* Lmk. (*Ostrea Couloni* auct.), nombreux Polypiers. — Épaisseur, 60m environ.

3. Calcaires et marnes avec intercalations gréseuses; *Phylloceras serum* Opp., *Lytoceras quadrisulcatum* d'Orb., *Hoplites* (*Neocomites*) *neocomiensis* d'Orb., *Belemnites* (*Duvalia*) *latus* de Bl., *Belemnites* (*Aulacobelus*) *subfusiformis* de Bl. Ils passent latéralement à des calcaires pisolitiques à *Hoplites* (*Acanthodiscus*) *Michaelis* Uhl., *Cyprina* sp. et de nombreux Polypiers. — Épaisseur, 80m environ.

4. Calcaires pisolitiques avec, à la base, à Ourhanime : *Gervilleia alæformis* d'Orb., *Arca* (*Idonearca*) sp., *Trigonia carinata* Ag., *T. caudata* Ag., *T. rudis* Park., *Pecten* (*Neithea*) cf. *atava* Roem., *Terebratula* sp., Polypiers; et au sommet, au Nord d'Iguelfène : *Echinopygus eurypneustes* Gauth., *Toxaster* sp., *Gervilleia alæformis* d'Orb., *Pecten* (*Neithea*) *atava* Roem., *Nerinea* sp. Ces calcaires pisolitiques sont formés par des pseudo-pisolites de taille variable allant de 3 à 12mm; en plaque mince, Mme Paul Lemoine y a reconnu de nombreuses Girvanelles. — Épaisseur, 350m environ.

5. Alternances de marnes, de dolomies et de grès à stratification entrecroisée avec *Exogyra latissima* Lmk. — Épaisseur, 60m environ.

Les assises de base 1 et 2 appartiennent certainement au Valanginien inférieur, dont elles ont les fossiles les plus caractéristiques : c'est la zone à *Kilianella Roubaudi*; les lentilles calcaires développées dans 2 rappellent les calcaires du Fontanil de la Chartreuse. Le complexe 3 appartient certainement au Valanginien supérieur; le fossile le plus caractéristique

(1) J'adresse mes remerciements à M. Gignoux et à M. Breistroffer pour l'aide dont je leur suis redevable pour certaines déterminations.

est l'*Acanthodiscus Michaelis*, type décrit des *Obere Teschenere Schiefer* dans les Carpathes, c'est-à-dire du Valanginien.

Au-dessus, les couches 4 et 5 représentent l'Hauterivien, avec une faune de Lamellibranches qui se retrouve presque entièrement dans l'Hauterivien de la Haute-Marne et du Jura.

Le Valanginien inférieur, incontestablement profond, étant donné la nature des dépôts et leur faune, fait suite à un Berriasien beaucoup plus néritique (par un approfondissement brusque de la mer).

Au contraire, pendant tout le Néocomien, la mer diminue de profondeur; dès la partie supérieure du Valanginien inférieur, la présence d'Huîtres et de Polypiers prouve l'existence d'une faible hauteur d'eau et les calcaires pisolitiques à Algues de l'Hauterivien indiquent l'existence d'une mer profonde de quelques dizaines de mètres au plus. Cette diminution de profondeur n'est d'ailleurs pas due à un mouvement de remontée du tréfonds qui devait continuer à s'enfoncer, mais à l'accumulation des sédiments.

Au-dessus de l'Hauterivien on trouve une épaisseur pouvant atteindre 700 à 800^{m} de grès, de psammites, de grès à stratification entrecoisée et à galets de quartz (faciès grès à dragées des auteurs algériens), de marnes verdâtres ou violacées. Ce complexe d'origine vraisemblablement continentale, représente le Barrémien car on le voit (Tarhit Zidane) recouvert par les marnes à *Parahoplites Deshayesi* Leym. de l'Aptien inférieur [1] et parfois aussi l'Aptien inférieur, car repose immédiatement au-dessus à Iguelfène l'Aptien supérieur à *Polyconites Verneuilli* Bayle. Le retour de la mer à l'Aptien prouve un mouvement de descente du tréfonds très rapide ayant compensé l'accumulation des épaisses séries antérieures.

TECHNIQUE PALÉONTOLOGIQUE. — *Sur un moyen d'isoler les microfossiles inclus dans les silex.* Note [2] de Mlle **Maria Lejeune**, transmise par M. Maurice Caullery.

Lorsqu'on se livre à l'étude microscopique de minces éclats de silex (étude dont l'intérêt, en paléoocéanographie notamment, suffit à justifier une note purement technique), on est frappé du nombre considérable de particules sombres dont est fort souvent encombrée la gangue translucide

(1) Robert Laffitte, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 191.
(2) Séance du 10 août 1936.

de calcédonite. Que ces particules soient restées, malgré ou à cause de leur enrobage, de nature organique, charbonneuse, c'est ce dont on peut s'assurer par divers moyens. G. Deflandre (1) a appliqué dernièrement aux inclusions des silex des méthodes de coloration empruntées aux histologistes et obtenu de la sorte des résultats assez démonstratifs; mais auparavant, plusieurs chercheurs, W. Wetzel (2), C. Wetzel (3) et A. Eisenack (4) avaient montré que les restes de microorganismes résistent à l'attaque de l'acide fluorhydrique et ne sont pas silicifiés.

Ces derniers chercheurs ont toujours employé l'acide en solution concentrée et à chaud, A. Eisenack opérant dans un récipient d'ambre, dont la transparence lui permet de contrôler la marche de l'opération sans devoir soulever le couvercle et d'éviter ainsi des vapeurs nocives. Après avoir opéré également par solution d'acide, nous avons préféré y renoncer. Quelle que soit la concentration adoptée, le premier résultat tangible que l'on obtient par ce mode d'attaque de la silice, c'est de l'amener à se reformer aussitôt en partie sous forme de gel.

Mieux vaut employer l'acide à l'état gazeux. L'appareil est simple et peu coûteux : une marmite de plomb, pourvue, à mi-hauteur environ, d'un rebord interne. On y dépose une plaque de même métal non pas circulaire, mais polygonale, voire même simplement triangulaire : seuls les angles reposent donc sur le support. Le couvercle de la marmite doit être épais et fort exactement appliqué.

On introduit dans le fond du récipient une quantité de fluorure calcique proportionnelle au poids du silex que l'on se propose d'attaquer. Le silex est déposé sur la plaque polygonale, soit directement, soit par l'intermédiaire d'une lamelle de platine. Le verre paraffiné ne peut remplacer le platine : une forte condensation d'eau s'y produisait, gênant la marche de l'opération. Ensuite l'on verse de l'acide sulfurique dans le fond de la marmite en quantité telle que, non seulement tout le fluorure de calcium devient silicique, mais encore qu'un excès d'acide persiste pour servir de déshydratant. Ceci est nécessaire pour éviter que l'eau libérée au cours de la

---

(1) *Bull. Biol. Fr. et Belg.*, 69, 1935, fasc. 2, p. 218 et suivantes.

(2) *Jahrb. f. Min. Geol. u. Pal.*, 47, 1922, p. 54. L'auteur signale que ces essais ont été déjà réalisés en 1897 par K. Rordam.

(3) *Paleontographica*, 77, 1933, p. 149 (9).

(4) *Paleont. Zeitschr.*, 13, 1931, p. 76 et suivantes.

réaction ne puisse décomposer le fluorure en silice gélatineuse et en acide fluosilicique. On ferme hermétiquement le récipient.

A examiner le contenu, après quelques jours déjà, on constate un certain blanchiment du silex, dont la surface ayant cessé d'être lisse, apparaît finement pulvérulente. En vérité, l'attaque avance avec lenteur. Un fragment de silex d'environ 15^g ne perdit complètement sa silice qu'après plus d'un mois et demi de traitement. Sans doute il y a silex et silex, mais nos constatations n'ont pas été répétées au point que nous puissions préciser davantage. Pour se rendre compte de l'état d'achèvement de l'opération, il faut essayer d'enfoncer une aiguille aussi profondément que possible dans le fragment attaqué.

Lorsque l'opération est entièrement terminée, la substance du fragment est devenue très fragile; il faut l'enlever de la marmite avec précaution, en la faisant glisser de la plaque-support. La moindre chute fera s'effondrer et se réduire en poudre le délicat échafaudage.

La poudre peut être reprise par l'eau et examinée aussi au microscope. De minuscules squelettes d'organisme [Foraminifères, Hystrichosphéridées, des spicules d'Éponges ([1])] apparaissent, les uns flottant à la surface du mélange, les autres tombant au fond. Il est possible de les prélever et de les monter en préparation par les méthodes ordinaires.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Action de l'acide β-indolylacétique sur le développement des plantules.* Note ([2]) de MM. **Theodor Solacolu** et **Demetre Constantinesco**, transmise par M. Alexandre Guilliermond.

Nous avons décrit antérieurement le développement des plantules et des fragments de plantules isolées des graines mûres et non germées, dans des milieux différents. La Note présente résume nos recherches sur l'action de l'acide β-indolylacétique [ou hétéroauxine ([3])] sur les plantules et les fragments de plantules de *Ricinus communis* et surtout de *Phaseolus vulgaris*.

([1]) Spicules originellement siliceux, mais épigénisés par de la calcite, comme le démontre cette expérience. L. Cayeux (1935) signale le même phénomène dans la craie, phénomène qui soulève, pour le silex, un problème à discuter ailleurs.

([2]) Séance du 10 août 1936.

([3]) Fr. Kögl, *Ber. deutsch. chem. Ges.*, 68, 1935, p. 16.

Ces plantules ont été isolées aseptiquement et placées dans des tubes stérilisés à l'autoclave, sur du coton imbibé d'une solution de Knop 0,5 + 2 pour 100 de glucose, additionnée d'une quantité d'acide indolylacétique variable d'un tube à l'autre. Les observations ont été faites par rapport à des témoins développés dans un milieu dépourvu d'acide β-indolylacétique.

Les plantules de *Phaseolus vulgaris*, placées dans une solution de Knop

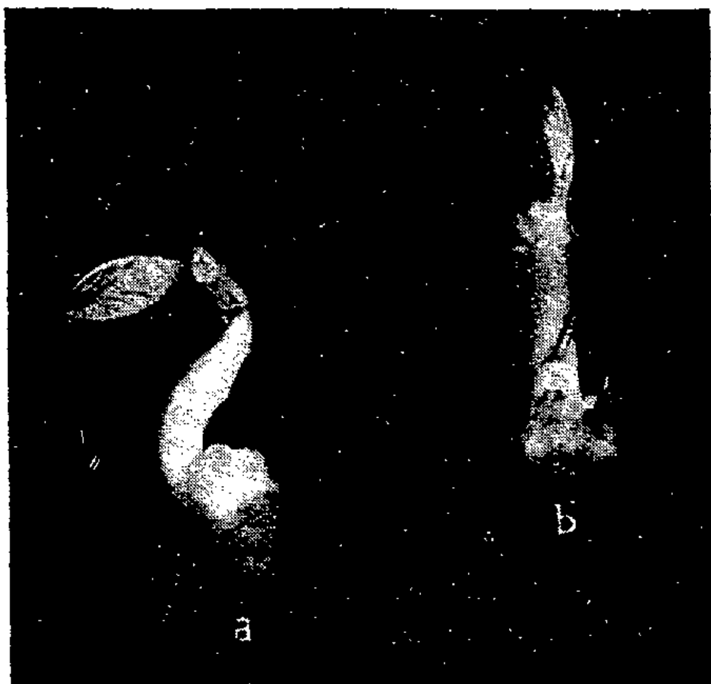


Fig. 1. — Plantules de *Ph. vulgaris* avec tumeurs, développées dans des solutions de Knop additionnées d'acide β-indolylacétique.

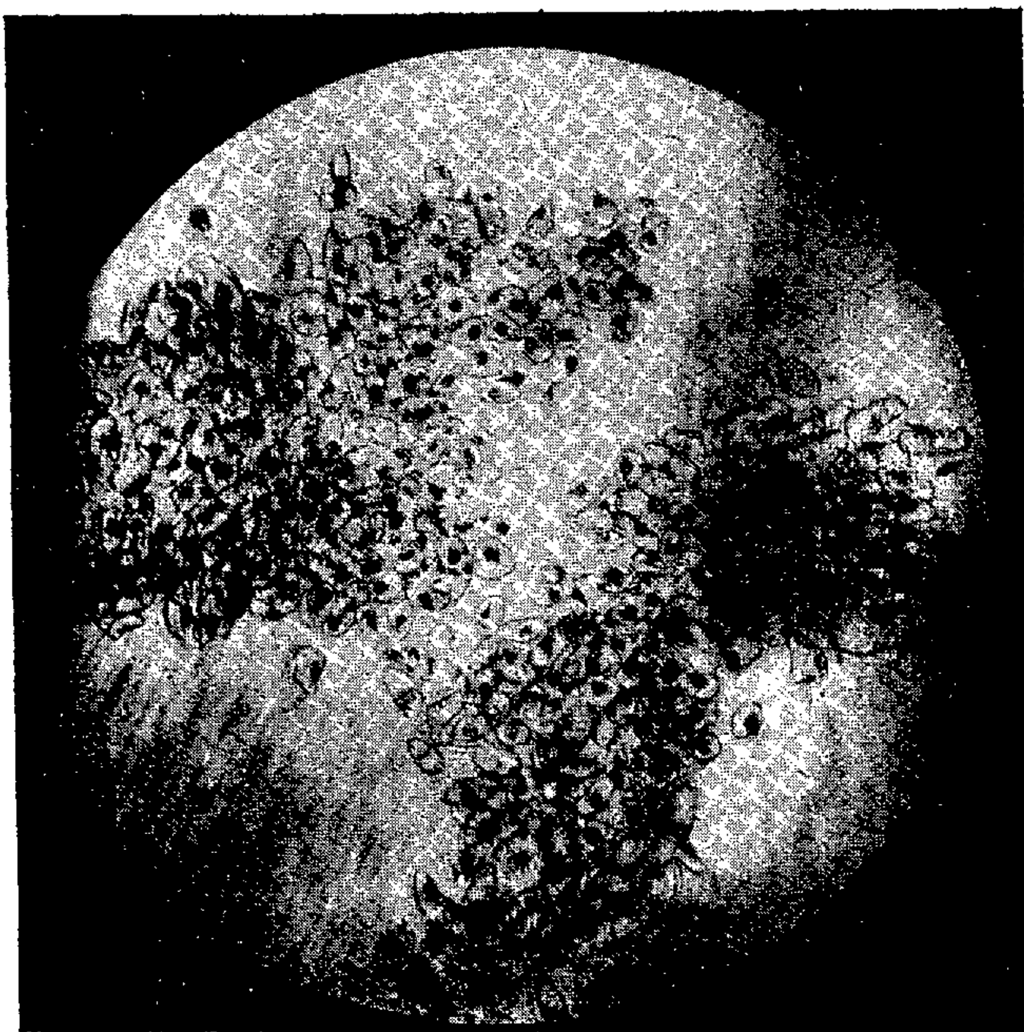


Fig. 2. — Microphotographie du tissu proliféré de *Ph. vulgaris* au niveau du collet. Les cellules rappellent des filaments mycéliens

glucosé additionnée d'hétéroauxine, ne développent plus de radicule. Après 48 heures de culture il apparaît sur chaque exemplaire, au niveau du collet, un renflement irrégulier, blanchâtre et turgescent, qui devient chaque jour plus visible (*fig.* 1). Si la concentration de l'acide β-indolylacétique augmente, les plantules ne développent plus de radicelles latérales, même après 6-7 jours de culture, tandis que ces radicelles apparaissent dès le troisième jour sur les témoins. Le moment de l'apparition des tumeurs et leur grandeur sont en rapport direct avec la quantité d'acide β-indolylacétique ajoutée à la solution nutritive,

la concentration présentant deux limites : l'une, supérieure, au-dessus de laquelle la substance devient toxique, et une autre, inférieure, d'une valeur d'environ 1×10^{-6}, au-dessous de laquelle l'hétéroauxine n'a plus d'action prolifératrice. Dans des concentrations proches de la limite supérieure, le processus de tuméfaction atteint non seulement la zone du collet, mais aussi l'axe hypocotylé entier [1], et parfois même la région d'insertion des cotylédons (*fig.* 1 *b*). Les concentrations supérieures d'hétéroauxine empêchent d'autre part le développement de la gemmule et la croissance en longueur de l'axe hypocotylé, mais favorisent son épaississement.

En transplantant la région tuméfiée dans une solution de Knop glucosé dépourvue d'acide β-indolylacétique, on constate que la tumeur ralentit sa croissance et que les radicelles commencent à se développer 24-36 heures après la transplantation. La formation des radicelles dans les régions présentant des tumeurs montre qu'il y a non seulement un retard dans leur apparition, mais aussi une modification de leur plan de développement normal, précisé par nous antérieurement. Sur les coupes transversales de la région de ces tissus néoformés, on distingue les points de croissance, méristématiques, des radicelles, alternant irrégulièrement avec les amas de cellules qui constituent les tumeurs.

De même les plantules de Ricin, ainsi que les fragments de plantules de Haricot, d'une longueur de 1-2^{mm}, cultivés dans un milieu de concentration supérieure d'acide β-indolylacétique, ont présenté dès le début une tuméfaction totale, sans développement, ni restitution de radicelles.

Un examen microscopique des tissus proliférés (*fig.* 2) a été effectué, soit sur des coupes au moyen de la méthode Bouin ou Regaud et coloreés à l'hématoxyline ferrique, soit sur des coupes colorées vitalement. Celui-ci nous a montré que les cellules de la tumeur sont allongées, ayant l'aspect de filaments mycéliens [2]. Ces cellules présentent de grandes vacuoles, très peu de mitochondries disposées irrégulièrement; elles ont une membrane mince, 1, 2 et même 3 nucléoles et un cytoplasme abondant; autour de leur noyau plus ou moins fusiforme, on voit des amyloplastides colo-

---

(1) Les plantules développées sur leurs propres réserves cotylédonnaires et placées dans des solutions d'hétéroauxine présentent des phénomènes tout à fait différents, ainsi que nous le montrerons ultérieurement.

(2) R.-J. Gautheret, *Recherches sur la culture des tissus végétaux*, Paris, 1935, p. 205.

rables par l'iodo-iodure. Dans le Ricin, on distingue aussi des oléoplastides.

En conclusion : 1° *a*. L'acide β-indolylacétique empêche, à une certaine concentration, le développement de la radicule et de la gemmule. — *b*. Cette substance produit des tumeurs au niveau du collet ou bien tout le long de l'axe hypocotylé, dues à une prolifération des tissus superficiels et des méristèmes internes qui donnent naissance à de nombreuses ébauches de radicelles. — *c*. Ce processus de tuméfaction modifie le plan d'orientation des tissus, qui prennent la forme de filaments mycéliens.

2° Il existe une corrélation entre le déclenchement des processus de restitution ou ceux de prolifération et la concentration du milieu en acide β-indolylacétique.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Dosage spectrophotométrique de l'α-œstrone et de ses dérivés*. Note (1) de MM. **M. Sureau** et **P. Grandadam**, présentée par M. Antonin Gosset.

Nous avons utilisé la méthode décrite par MM. Chevallier et Dubouloz (2).

Les rayons d'une source ultraviolette, après avoir traversé la substance à étudier, sont concentrés par une lentille de quartz sur la fente collimatrice d'un monochromateur. Leur intensité est mesurée par une cellule photoélectrique sensibilisée à l'ultraviolet, aux bornes de laquelle le courant est amplifié par une triode à résistance.

Nous avons utilisé cette méthode, avec quelques modifications, dans un double but :

1° Réaliser des spectres étalons de corps purs;

2° Doser ces corps dans certains extraits de liquides biologiques.

1° *Spectres étalons de corps purs* (en solutions alcooliques diluées) :

a. *α-œstrone*. — Nous avons trouvé deux bandes de 2100 à 2400 Å et de 2600 à 2950 Å.

b. *Dihydro-α-œstrone*. — Mêmes bandes d'absorption.

Seul le sommet à 2225 Å de l'α-œstrone est déplacé vers le visible d'une quantité égale à 25 Å et il apparaît une anomalie à 2850 Å.

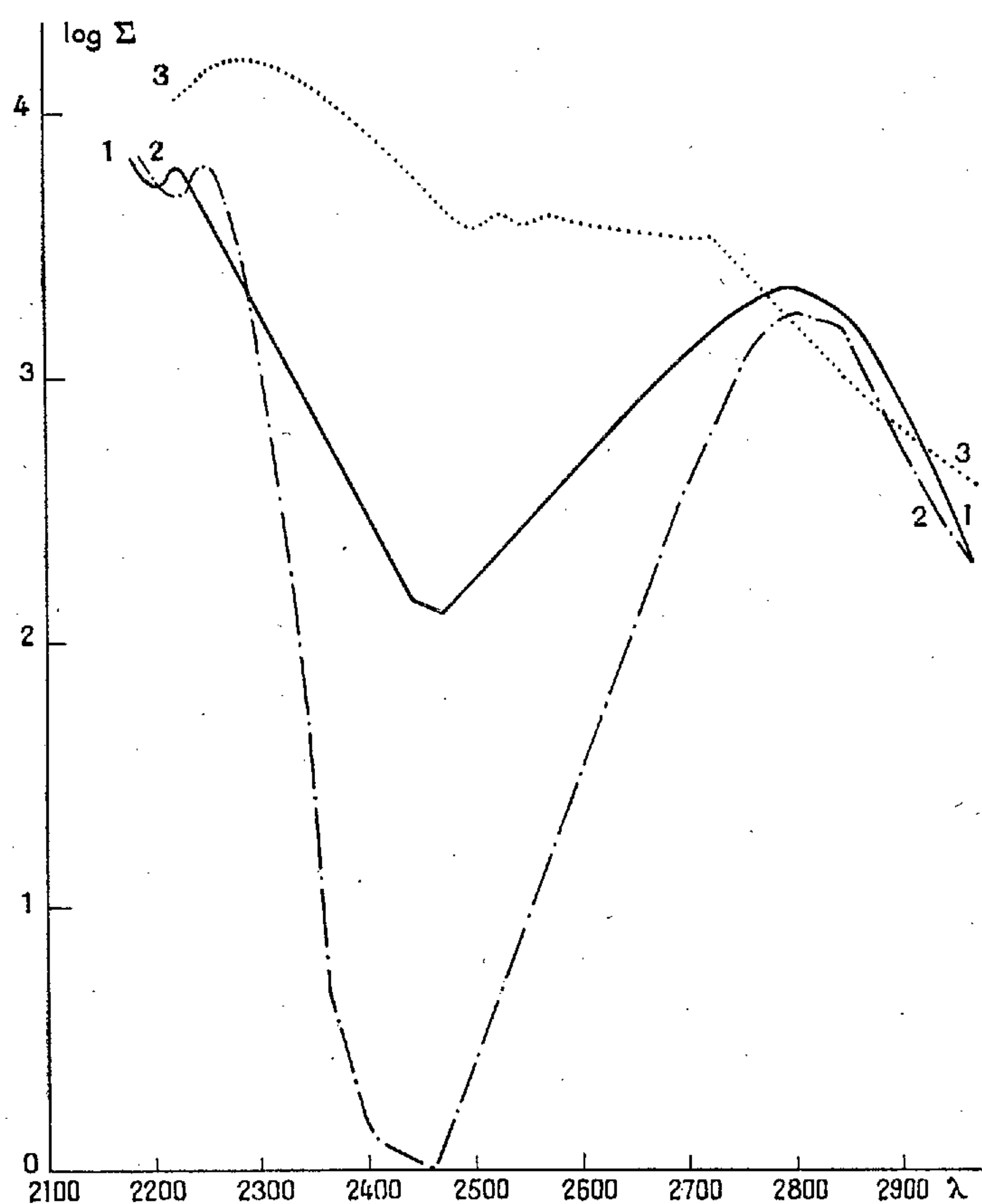
---

(1) Séance du 20 juillet 1936.

(2) *J. Physio-Pathol. gén.*, 33, 1935, p. 874.

c. Benzoate de dihydro-α-œstrone. — Le sommet situé à 2300 Å correspond en position à celui de l'acide benzoïque.

2° *Applications au dosage.* — Les valeurs du coefficient d'absorption aux points singuliers de la courbe, ainsi déterminées, peuvent servir pour le



——— Courbe 1 : α-œstrone. C moléculaire $= \frac{M}{5400}$; C en poids $= \frac{1}{20000}$.

—·—·— Courbe 2 : Dihydro-α-œstrone. C moléculaire $= \frac{M}{5440}$; C en poids $= \frac{1}{20000}$.

.... Courbe 3 : Benzoate de Dihydro-α-œstrone. C moléculaire $= \frac{M}{18800}$; C en poids $= \frac{1}{50000}$.

dosage de ces corps au sein des liquides biologiques dans les limites d'application de la loi d'absorption de Beer.

Nous avons ainsi dosé l'α-œstrone dans les extraits d'urine de femme enceinte préparés suivant la méthode de Marrian.

Lorsque la proportion d'impuretés par rapport à l'hormone est, dans la solution considérée, inférieure à 40 pour 100, le dosage se fait aisément d'après la valeur du coefficient au sommet situé à 2800 Å.

Le résultat est connu avec une précision de ± 2 pour 100; l'opération se fait en un quart d'heure.

Pour les extraits dont la teneur en α-œstrone est inférieure à 60 pour 100, il faut repérer la valeur du coefficient ε au sommet situé à 2225 Å. La précision obtenue à ces faibles longueurs d'onde est moins grande, mais le dosage est aussi rapide.

La séance est levée à 15h 15m.

A. Lx.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DE JUILLET 1936.

Paul Painlevé, Paroles et écrits, publié par la Société des Amis de Paul Painlevé. Paris, éditions Rieder, 1936, 1 vol. 23cm.

Comité international des Poids et Mesures, Procès-verbaux des séances. Deuxième série, tome XVII, session 1935. Paris, Gauthier-Villars, 1935; 1 vol. 22cm.

Étude des Saturnioïdes normaux. Famille des Hémileucidés, troisième et dernière partie, par E.-L. BOUVIER. Extrait des *Annales des Sciences naturelles. Zoologie,* tome 19, 10e série. Paris, Masson et Cie, 1936; 1 vol. 28cm,5.

Université de Strasbourg. Faculté de Médecine. Institut de Chimie biologique. Directeur Dr MAURICE NICLOUX. *Recueil des Travaux,* vol. 1 à 12. Strasbourg, Imprimerie alsacienne, 1925 à 1936; 12 vol. 25cm.

Nam-nù Báo toàn, par LÊ HUY PHACH. Hanoï, 1936; 1 vol. 22cm,5.

Documentation statistique sur les cyclones malgaches, par le R. P. CH. POISSON, Publications du Service météorologique de Madagascar, no 4, mai 1936. Tananarive. Imprimerie de l'Imerina, 1936; 1 fasc. 24cm,5.

La propriété rurale, par C. BRASART. Conférences organisées par l'Institut national agronomique et l'Association amicale de ses anciens Élèves. Paris, librairie de l'Institut national agronomique, 1936; 1 vol. 25cm.

La guerre devant la Science et la Religion, par JAMES POINTE. Paris, le Courrier littéraire, 1936; 1 vol. 19cm.

Paléontologie. Les Poissons oligocènes du Nord Caucase, par V. P. SMIRNOV, in *Travaux scientifiques de l'Université de l'Usbekistan,* Samarkand, 1936; 1 vol. 23cm.

Confédération des Sociétés scientifiques françaises, par CHARLES MARIE. Paris, Institut de Chimie, 1936; 1 fasc. 24cm.

Les fulgurites du Sahara, par A. LACROIX. Extrait des *Comptes rendus de l'Académie des Sciences coloniales,* tome 25. Paris, Société d'éditions géographiques, maritimes et coloniales, 1936; 1 fasc. 28cm.

Étude géologique des montagnes d'Escreins (Hautes-Alpes et Basses-Alpes), par FERNAND BLANCHET. Grenoble, Allier Père et Fils, 1934; 1 vol. 25cm,5.

Mélanges Paul Pelseneer in *Mémoires du Musée royal d'histoire naturelle de Belgique,* 2e série, fasc. 3. Bruxelles 1936; 1 vol. 33cm.

Les solutions concentrées, par JEAN TIMMERMANS. Paris, Masson et Cie, 1936, 1 vol. 25cm.

Les atomes, par JEAN PERRIN. Rédaction nouvelle in *Nouvelle collection scientifique* dirigée par Émile Borel. Paris, Félix Alcan, 1936; 1 vol. 18^{cm},5.

Institut national météorologique de Pologne. *Bibliographie des fonctionnaires et anciens collaborateurs de l'Institut national météorologique de Pologne*, publiée à l'occasion de la conférence des directeurs de l'Organisation météorologique internationale à Varsovie. Varsovie, 1935; 1 fasc. 22^{cm},5. (Donné par M. Charles Lallemand.)

Institut national météorologique de Pologne. *Résultats des observations de l'expédition polonaise de l'année polaire* 1932-1933 *à l'île des Ours*, par JEAN LUGEON, fasc. 1 : *Météorologie*; fasc. 2 : *Magnétisme terrestre*; fasc. 3 : *Parasites atmosphériques*; fasc. 4 : *Aurores polaires*. Varsovie, 1936; 4 fasc. 31^{cm}. (Donnés par M. Charles Lallemand.)

ERRATA.

(Séance du 3 août 1936.)

Note de M. *Clément Courty*, Exaltation du magnétisme de l'oxyde ferrique par calcination en présence de papier à filtre sans cendres :

Page 371, ligne 5, *au lieu de* Écart net, 46″, *lire* Écart net, 7″.
Page 372, note du bas de la page, *au lieu de* p. 1929, *lire* p. 369.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 24 AOUT 1936.

PRÉSIDENCE DE M. HENRI DOUVILLÉ.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Notice sur CAMILLE SAUVAGEAU par **PIERRE-AUGUSTIN DANGEARD.**

Le professeur honoraire de la Faculté des Sciences de Bordeaux, **CAMILLE SAUVAGEAU**, qui vient de mourir subitement, le 5 août dernier, était le représentant le plus qualifié de l'algologie française; la valeur et le grand nombre de ses découvertes, lui avaient valu les plus flatteuses distinctions de la part de diverses Académies et Sociétés savantes : il était notre correspondant depuis 1918 et il faisait partie, au même titre de l'Académie royale de Belgique, de la Société royale d'Upsal, de la Société botanique de Genève, de la Botanical Society of America, etc.

La carrière scientifique de Camille Sauvageau, si belle et si féconde, sera mieux comprise, si l'on remonte à ses origines et à son début.

Notre illustre et regretté confrère Édouard Bornet s'était attaché de très bonne heure ce jeune agrégé et docteur ès sciences naturelles, au caractère fortement trempé qui se passionnait déjà, sous sa direction, pour l'étude des Algues : il y voyait le continuateur de son œuvre et ne s'était pas trompé. Nous pouvons dire que Sauvageau était son disciple préféré, ce qui ne diminuait en rien l'affection que le Maître nourrissait à l'égard d'autres disciples ou collaborateurs qui l'entouraient, tels que Guignard, Flahault, Gomont et plusieurs autres. Nous avons eu l'honneur, il y a près de cinquante ans, d'être admis dans ce cercle de travailleurs et de jeunes savants qui fréquentaient l'appartement de la rue de la Tournelle et venaient y chercher, avec un accueil affectueux du Maître et son appui, des conseils et des renseignements pour leurs propres recherches.

Celles de Sauvageau, après avoir été orientées pendant quelques années

du côté de l'anatomie des plantes aquatiques, dont l'étude avait été négligée, et dans laquelle il montra de remarquables facultés d'observation, se portèrent également avec le même succès sur certaines questions de pathologie, de mycologie ou encore de bactériologie.

Ces recherches allaient être, à partir de 1892, consacrées presque exclusivement aux Algues marines; mais dans ce domaine quelle abondante moisson de découvertes et de faits nouveaux dont nous ne pourrons citer ici que les plus importants :

La biologie des Algues brunes, en dehors des Fucacées et des Laminariées présentait de grandes lacunes. Sauvageau a porté la lumière dans le groupe alors si peu connu des Phéosporées par ses nombreuses observations sur la structure et la reproduction des Ectocarpacées et des Sphacélariacées; elles sont devenues depuis longtemps classiques et forment la base solide sur laquelle s'appuient nos connaissances actuelles de ces groupes.

Les Laminaires, si répandues dans les régions froides et tempérées, et qui constituent les géants des mers, étaient considérées comme étant dépourvues de sexualité. Cette exception à une règle si générale dans la nature avait de quoi surprendre les naturalistes; or, en 1915 et 1916, Sauvageau démontra que ce qu'on appelle Laminaire est seulement une partie de la plante, le sporophyte, qui est précédé dans son apparition, comme chez les Cryptogames vasculaires, par le gamétophyte portant les organes mâles et femelles. La découverte de l'existence des gamétophytes et de leur rôle chez les Laminaires a eu un grand retentissement; des vérifications entreprises de toutes parts vinrent bientôt la consacrer définitivement. Notre Collègue allait maintenant s'attacher à résoudre une question de biologie marine qui n'était pas sans intriguer et surprendre tous les algologues.

De nombreuses Algues appartenant à des groupes différents apparaissent brusquement et en abondance à certaines époques de l'année, puis, après une période de végétation plus ou moins longue, elles disparaissent. On pensait que cette disparition coïncidait avec une période de vie ralentie, analogue à celle qui se produit pour les graines de Phanérogames. Sauvageau a montré que le phénomène est tout différent : avant de disparaître, l'Algue donne des zoospores qui fournissent, en germant, de petites plantes microscopiques très différentes par leur forme et leur constitution des plantes mères. Après s'être multipliées sous cette forme microscopique, elles reprennent leur forme normale, lorsque la saison redevient favorable : il s'agit donc pour ces Algues, non d'une alternance de génération, mais d'une alternance de végétation vraiment très curieuse.

Ces constatations, réalisées au milieu de grandes difficultés et au prix d'efforts nombreux et persévérants, se sont montrées riches en conséquences; elles ont modifié complètement la classification dans les groupes ainsi étudiés.

Notre Académie n'avait pas été sans apprécier à leur valeur ces découvertes accompagnées d'autres également importantes : aussi avait-elle eu la pensée de nommer Sauvageau Membre non résidant : elle l'avait proposé, pour cette haute distinction, en seconde ligne dès 1929 : elle montrait ainsi son intention de répondre, dans un avenir prochain, au vœu unanime des botanistes de sa Section.

Sauvageau lègue à sa veuve et à sa fille un nom de grand savant et de naturaliste éminent qui sera inscrit avec honneur dans les archives de la science : que ce soit pour elles, dans leur affliction, un réconfort et une consolation.

GÉOPHYSIQUE. — *Sur l'Institut de Physique du Globe de la Martinique.* Note de M. **Georges Perrier.**

J'ai visité, le 9 juillet 1936, l'Observatoire de Fort-de-France qui, avec celui du Morne des Cadets, constitue l'Institut de Physique du Globe de la Martinique.

L'Observatoire de Fort-de-France s'occupe de Météorologie, l'Observatoire du Morne des Cadets, non loin de la Montagne Pelée, de Séismologie et de Magnétisme; il surveille le volcan. Pour y accéder, il faut monter 200 mètres à pied, à partir de la route carrossable. Son emplacement est voisin de celui de l'Observatoire que M. Alfred Lacroix avait établi au cours de l'éruption de 1902-1903 et qui a fonctionné jusqu'à ces derniers temps.

Le Directeur de l'Institut, M. Romer, est secondé à Fort-de-France par M. Frolow, frère de l'ancien Ingénieur en Chef du Service des Études hydrauliques des États de Syrie, actuellement à Paris.

Il est représenté au Carbet par un jeune ingénieur du Service des Mines, faiblement rétribué (1500^{fr} par mois) et qui a une vie dure. M. Romer va souvent visiter le volcan.

Pour construire et équiper ces observatoires 4 millions ont été attribués, sur 50 millions donnés par la Métropole à la Colonie. Mais il semble que

les services que peut rendre cet Institut pour la surveillance du volcan ne sont pas suffisamment appréciés.

Une partie des plus importantes de sa tâche est de prévoir les cyclones. Or il lui vient très peu de renseignements de l'Est et du Sud-Est. Des organisations géophysiques à la Guadeloupe et à la Guyane seraient indispensables. M. Romer n'a pu encore aller étudier les soufrières de la Guadeloupe, même en permission : il faudrait l'autorisation de Paris.

Dans une salle de l'Observatoire de Fort-de-France, au-dessus de la porte d'entrée, se trouve une grande plaque de bronze divisée en deux parties : à gauche, un beau médaillon de M. A. Lacroix, à droite, une vue de la Montagne Pelée. J'ai vu trois baromètres Fortin, deux baromètres anéroïdes enregistreurs, que M. Romer dit supérieurs aux Fortin s'ils sont bien réglés, des indicateurs de vitesse et de direction des vents (ceux de la Maison Richard sont encore les meilleurs), un poste récepteur et émetteur de T. S. F. qui communique avec le poste du Morne des Cadets, le registre des observations journalières, etc. Tous les bâtiments sont en ciment armé, y compris la tour des anémomètres, d'où l'on a une belle vue sur Fort-de-France. Un pavillon séparé a été construit pour études géologiques et analyses des gaz du volcan. Le terrain a été acheté par le Gouvernement, mais l'Observatoire a dû en rembourser le prix. Il y a quelques pâturages, des bestiaux, etc.

Au Morne des Cadets sont les séismographes, les enregistreurs magnétiques, etc.

M. Frolow a survolé l'île pour faire des photographies aériennes du nouveau dôme de la Montagne Pelée.

Le ciel est peu favorable à des observations astronomiques.

Il n'existe pas de cartes exactes et récentes de l'île. L'hydrographie des côtes n'est pas au courant.

Le Colonel d'artillerie coloniale Perrier, aujourd'hui Général de brigade, qui a commandé le groupe des Antilles et de la Guyane, aurait voulu provoquer l'envoi d'une Mission du Service géographique de l'Armée, mais cette idée n'a pas eu de suites.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Le Portugal hydrologique et climatique*. Première Partie : *Climatologie et Hydrologie du* Portugal. Deuxième Partie : *Les Eaux et les Stations thermales du* Nord du Portugal. Troisième Partie : *Les Eaux et les Stations thermales du* Centre du Portugal.

2° Deux Volumes de *Reports on the Present Tendencies in the Development of Mathematical Teaching in Japan*.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les fonctions multivalentes d'ordre p.* Note [1] de M. **Miécislas Biernacki.**

J. E. Littlewood a établi [2] que si une fonction

$$f(z) = a_1 z + \ldots + a_n z^n + \ldots$$

est holomorphe et univalente dans le cercle $|z| < 1$, on a, en posant $z = re^{i\varphi}$,

$$\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} |f(re^{i\varphi})|^\lambda \, d\varphi \leqq |a_1|^\lambda . \lambda \int_0^r r^{\lambda-1}(1-r)^{-2\lambda}\, dr \qquad (\lambda > 0),$$

$$|a_n| < |a_1| . en.$$

S. Mandelbrojt a trouvé [3] une démonstration très simple de ces inégalités. Je me propose d'établir des inégalités analogues (un peu moins précises) dans le cas où $f(z)$ est multivalente d'ordre p [4]. En essayant d'appliquer la méthode de M. Littlewood, on rencontre quelques difficultés ; au contraire, la démonstration de M. Mandelbrojt, s'étend aisément au cas où p est plus grand que *un*. Si $f(z)$ est holomorphe et sans zéro dans

---

[1] Séance du 18 août 1936.

[2] *Proc. Lond. Mat. Soc.*, 2e série, 23, 1925, p. 481-519.

[3] *Bull. des Sciences math.*, 2e série, 58, 1934, p. 185-200.

[4] P. Montel, *Leçons sur les fonctions univalentes ou multivalentes*, Paris, p. 4.

l'anneau $r_i < |z| < r_{i+1}$, on a, d'après M. Mandelbrojt,

$$\int_0^{2\pi} |f(r_{i+1}e^{i\varphi})|^\lambda d\varphi - \int_0^{2\pi} |f(r_i e^{i\varphi})|^\lambda d\varphi = \lambda \int_{r_i}^{r_{i+1}} \frac{dr}{r} \int_C \rho^\lambda d\theta, \tag{1}$$

où C désigne la courbe transformée de $|z| = r$ par $Z = f(z)$, courbe parcourue dans le sens qui correspond aux φ croissants et où ρ, θ sont des coordonnées polaires des points de C. Soient $r_1 = 0, r_2, r_3, \ldots$ les modules, rangés dans l'ordre croissant, des zéros de $f(z)$ situés dans le cercle $|z| < 1$. Si r_s est le plus grand des modules qui ne dépassent pas r, remplaçons dans (1) l'indice i successivement par $1, 2, \ldots, s-1$, puis r_i par r_s et r_{i+1} par r et ajoutons membre à membre les s égalités obtenues, il vient

$$\int_0^{2\pi} |f(re^{i\varphi})|^\lambda d\varphi = \lambda \int_0^r \frac{dr}{r} \int_C \rho^\lambda d\theta. \tag{2}$$

Désignons par $M_1, M_2, \ldots, M_n$ les points d'intersection d'une demi-droite $\theta = \text{const.}$ avec $C (OM_1 < OM_2 < \ldots < OM_n)$ et posons $\varepsilon_i = +1 \; (-1)$, si un point qui décrit C lorsque φ croît traverse en M_i la demi-droite en tournant dans le sens positif (négatif) autour de l'origine [1]. $f(z)$ étant holomorphe et p-valente, on aura

$$0 \leqq \sum_{i=k}^{n} \varepsilon_i \leqq p \qquad (k = 1, 2, \ldots, n)$$

et, en appliquant le lemme d'Abel,

$$\sum_{i=1}^{n} \varepsilon_i (OM_i)^\lambda \leqq p (OM_n)^\lambda$$

donc, d'après (2),

$$\int_0^{2\pi} |f(re^{i\varphi})|^\lambda d\varphi \leqq p\lambda \int_0^r \frac{dr}{r} \int_0^{2\pi} (OM_n)^\lambda d\theta. \tag{3}$$

Or M. L. Cartwright a établi [2] l'inégalité

$$OM_n < A(p)\, \mu_q (1-r)^{-2p}, \tag{4}$$

où $A(p)$ [de même que $A_1(p)$, $A_2(p)$, $A_3(p)$ dans les formules qui suivent]

---

[1] On suppose que la demi-droite n'est pas tangente à C et qu'elle ne contient pas de points multiples de cette courbe.

[2] *Math. Annalen*, **111**, 1935, p. 99.

désigne un nombre qui ne dépend que de p, où q est le nombre des zéros de $f(z)$ dans le cercle $|z|<1$ (¹) et où l'on a posé

$$\mu_q = \mathrm{Max}(|a_1|, |a_2|, \ldots, |a_q|).$$

Puisque $f(0)=0$, on déduit de (4), en utilisant le lemme de Schwarz, l'inégalité

$$(5) \qquad \mathrm{OM}_n < \mathrm{A}_1(p)\,\mu_q r(1-r)^{-2p}.$$

Les inégalités (3) et (5) fournissent le résultat annoncé :

$$(6) \qquad \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} |f(re^{i\varphi})|^\lambda\, d\varphi < \mu_q^\lambda p\lambda \mathrm{A}_1^\lambda(p)\int_0^r r^{\lambda-1}(1-r)^{-2p\lambda}\, dr \qquad (\lambda>0).$$

En posant dans (6) $\lambda=1$ on aura

$$(6') \qquad \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} |f(re^{i\varphi})|\, d\varphi < \mu_q \mathrm{A}_2(p)(1-r)^{-(2p-1)}.$$

Si $r=1-1/n$ on déduit de (6′) l'inégalité

$$(7) \qquad |a_n| < \mu_q \mathrm{A}_3(p)\, n^{2p-1}.$$

L'exemple de la fonction $z^p(1-z)^{-2p}$ montre qu'il n'est pas possible de remplacer dans (6′) et (7) le nombre $2p-1$ par un nombre plus petit.

ASTRONOMIE. — *Sur l'origine des comètes.* Note [2] de MM. **Paul Bourgeois** et **Jacques-F. Cox**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Nos recherches sur la répartition des orbites des comètes faisant entrevoir un rôle privilégié du plan galactique [3], nous avons rapporté les orbites de notre catalogue [4] à ce plan de référence et déterminé les valeurs N et j d'éléments analogues aux angles ☊ et i relatifs à l'écliptique et utilisés habituellement. M. Magis, calculateur à l'Observatoire d'Uccle, nous a grandement aidés dans l'exécution de ces calculs.

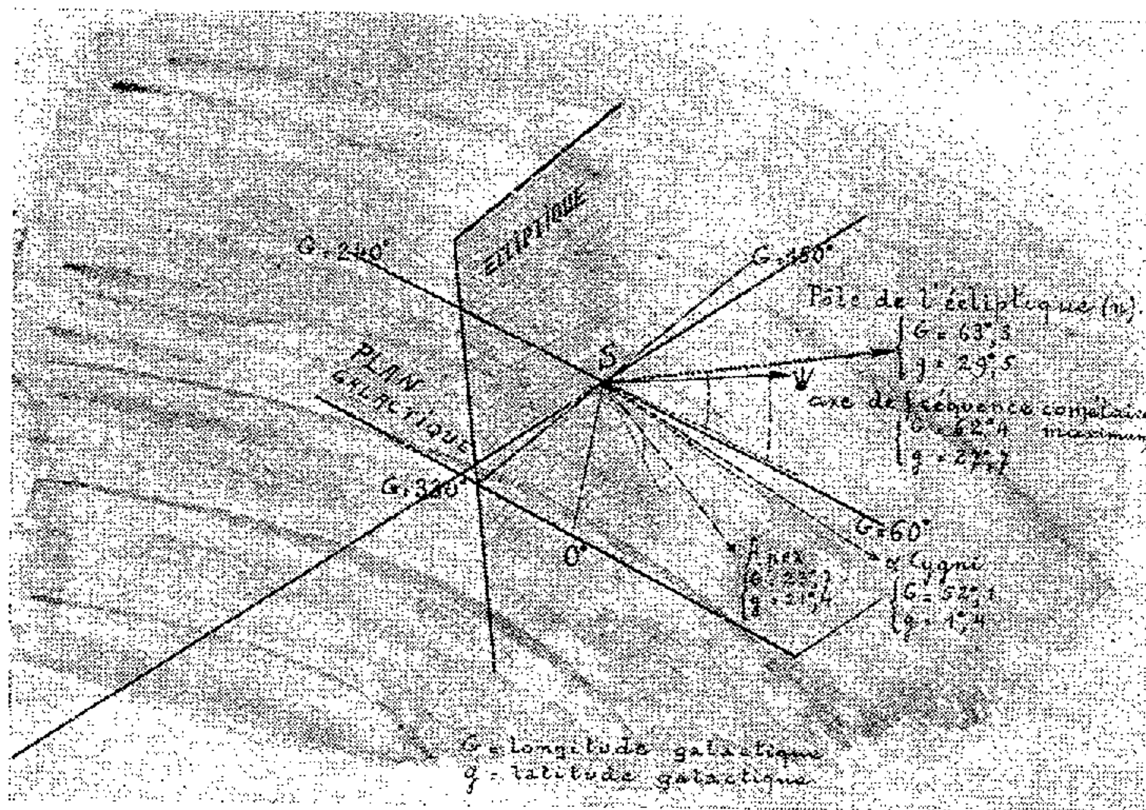
(¹) Un zéro multiple d'ordre k est compté k fois.

(²) Séance du 18 août 1936.

(³) *Comptes rendus*, **201**, 1935, p. 324; *Bulletin astronomique*, **9**, fasc. VII-VIII-IX, 1936, p. 349.

(⁴) *Bulletin astronomique*, **8**, fasc. V, 1934, p. 277.

C'est la corrélation entre l'excentricité et l'inclinaison i qui a retenu notre attention; on sait que cette corrélation est nettement marquée; quand on introduit l'élément j au lieu de l'inclinaison i, on constate une accumulation des j autour de la valeur 60° correspondant à la position de l'écliptique; on constate simultanément l'existence d'une relation fort nette entre l'excentricité et le nouvel élément N; cette relation se manifeste de la manière suivante : pour les excentricités inférieures à 0,96, par l'exclusion des valeurs de N définissant d'autres directions que celles déterminées par l'axe galactique 150-330°; on se rapproche progressivement d'une répartition au hasard lorsque l'excentricité passe de 0,96 à 1, puis de 1 à 1,02. Nous examinerons ultérieurement le cas des orbites paraboliques, nécessairement moins intéressantes et moins démonstratives, puisque la valeur de l'excentricité résulte, *a priori*, pour elles d'un procédé de calcul; la répartition des périhélies fera l'objet d'un autre travail.



Ces faits s'interprètent facilement, selon nous, par la théorie de l'origine galactique de la matière cométaire; ils la confirment. Seules certaines vitesses de pénétration dans la sphère d'activité du Soleil, d'ailleurs comprises entre des bornes assez serrées, pourraient donner lieu aux comètes observables; les grandes excentricités correspondent aux plus grandes vitesses de ce domaine, les excentricités faibles aux plus petites.

Considérées comme des vecteurs sensiblement parallèles au plan galactique, ces vitesses relatives d'entrée déterminent avec le centre du Soleil

la position du plan de l'orbite cométaire; seuls ceux de ces vecteurs vitesse perpendiculaires aux lignes de courant de la galaxie pourraient donc donner naissance aux orbites elliptiques observées.

La relation statistique classique décelée entre l'excentricité et l'inclinaison i résulterait de la position relative du plan galactique et de l'écliptique; ce dernier est fort voisin du plan moyen des orbites des grosses planètes et de l'équateur solaire; peut-être cet ensemble en mouvement dans un milieu résistant est-il soumis à des lois analogues à celles qu'Avanzini et Jœssel ont formulées pour les fluides; notre conception accorde une importance cosmogonique à la corrélation décelée entre l'excentricité de l'orbite des petites planètes et l'inclinaison i, élément peu modifiable par les perturbations.

Il n'est pas sans intérêt de constater, à cet égard, que le plan de l'écliptique est sensiblement perpendiculaire au plan moyen des étoiles doubles à longues périodes comme à celui des algolides.

ASTROPHYSIQUE. — *Proportion de lumière polarisée dans la couronne solaire.* Note [1] de MM. **Jean Dufay** et **Henri Grouiller**, transmise par M. Charles Fabry.

1. Nous avons décrit [2] la méthode spectrale utilisée pendant l'éclipse totale du 31 août 1932 pour mesurer la proportion de lumière polarisée dans la couronne solaire et nous avons indiqué les premiers résultats tirés de l'étude de nos clichés. Nous ferons connaître, dans cette Note, les résultats définitifs de nos mesures et nous les comparerons aux prévisions théoriques.

En tenant compte de la largeur finie de la fente du spectrographe et de la fente d'analyse du microphotomètre, qui tendent à diminuer le contraste des cannelures de nos spectres, nous sommes conduits à majorer les proportions de lumière polarisée de quantités variables suivant la longueur d'onde, mais toujours inférieures à 0,015 vers 4000 Å et à 0,04 vers 5700 Å.

Ces corrections suffisent à faire disparaître toute variation systématique de la proportion de lumière polarisée en fonction de la longueur d'onde,

---

(1) Séance du 18 août 1936.
(2) *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1574.

au moins pour les distances au bord solaire inférieures à 20′. Entre 3900 et 5700 Å, les écarts observés d'une radiation à l'autre atteignent rarement 0,03 et paraissent tout à fait fortuites. *La proportion de lumière polarisée est donc pratiquement indépendante de la longueur d'onde dans toute la région spectrale étudiée.*

2. On peut ainsi, pour chaque distance au bord solaire d, prendre la moyenne des mesures relatives à toutes les cannelures. Le Tableau ci-dessous donne séparément les valeurs de la proportion de lumière polarisée P obtenues des deux côtés du Soleil (chiffres non entre parenthèses).

d.......	2′,0.	3′,4.	4′,8	7′,9.	10′,7.
1000 P : Ouest...	134 (137)	157 (162)	169 (175)	276 (293)	263 (288)
1000 P : Est.....	137 (141)	142 (147)	164 (172)	258 (279)	266 (300)
d.......	13′,5.	16′,5.	19′,0.	21′,9.	24′,6.
1000 P : Ouest...	247 (283)	262 (321)	191 (249)	154 (211)	138 (200)
1000 P : Est.....	254 (305)	222 (289)	185 (256)	–	–

Comme nous l'avions indiqué précédemment, la proportion de lumière polarisée atteint un maximum voisin de 0,26 vers 10′ du bord et ce maximum est très plat.

3. Ce résultat a été confirmé par J. J. Johnson pendant l'éclipse du 14 février 1934 (1). Ses mesures visuelles, faites en lumière totale avec un polarimètre de Lyot modifié, ont donné des nombres croissants de 0,17 à 0,28 de 1′ à 8′,5 du bord. Cependant la courbe figurant les variations de p en fonction de d monte plus rapidement que la nôtre. Il est très possible qu'elle se déforme d'une époque à l'autre et même diffère, à un instant donné, suivant le diamètre considéré. Celui que nous avons étudié en 1932 correspondait précisément à la plus grande extension de la couronne, c'est-à-dire à la décroissance la plus lente de la brillance.

Il est intéressant de rapprocher d'autre part les nombres trouvés près du bord solaire de ceux que B. Lyot a obtenus sur le spectre continu des protubérances (2). Dans ce dernier cas la polarisation est aussi radiale et la proportion de lumière polarisée est voisine de 0,15. Du point de vue de la polarisation, il semble donc y avoir continuité entre les deux phénomènes.

4. Loin du bord solaire, la brillance de l'atmosphère représente déjà une fraction importante de celle de la couronne. Nous avons cherché à

(1) *Publications Astronomical Society Pacific*, 46, 1934, p. 226.
(2) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 392.

évaluer l'effet produit par cette superposition en supposant négligeable la polarisation au voisinage du Soleil, sur laquelle nous n'avons pas de données précises pendant les éclipses totales. D'après les mesures photométriques de MM. A. de la Baume-Pluvinel et P. Barbier [1], faites pendant l'éclipse du 31 août 1932, la brillance était pratiquement la même sur le ciel autour de la couronne et sur le disque même de la Lune. On peut donc supposer la brillance atmosphérique uniforme en tous points de la couronne et les mesures de MM. de la Baume-Pluvinel et Barbier permettent de corriger nos observations. Les nombres obtenus figurent entre parenthèses dans le Tableau précédent.

Le maximum de p dépasse maintenant un peu 0,30 et la décroissance pour de grandes valeurs de d se trouve très ralentie.

5. La proportion de lumière polarisée étant indépendante de la longueur d'onde et la courbe d'énergie paraissant identique à celle du Soleil [2], on peut attribuer le spectre continu de la couronne à une diffusion neutre de la lumière solaire (électrons libres). Mais les proportions de lumière polarisée calculées par Minnaërt [3] en admettant que la densité des électrons varie en raison inverse d'une puissance n de la distance au centre du Soleil ($n = 2, 4, 6, 8$), sont toujours très supérieures aux valeurs observées et, dans aucun cas, le maximum ne saurait être inférieur à 0,50.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur le calcul approché de la précession des équinoxes.* Note [4] de M. **Jean Chazy**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Différents auteurs, entre autres Klein et Sommerfeld [5] et Fatou [6], ont cherché à présenter diverses propositions de Mécanique céleste concernant le mouvement des nœuds et des périastres des planètes et des satellites et les phénomènes de précession et de nutation, sous la forme la plus élémentaire possible. En réduisant chaque problème à un problème de Mécanique rationnelle très simple, on retrouve ainsi par une voie intuitive et au

(1) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1345.
(2) W. Grotrian, *Zeischrift für Astrophysik*, 3, 1931, p. 199.
(3) *Zeitschrift für Astrophysik*, 1, 1929, p. 209.
(4) Séance du 18 août 1936.
(5) *Die Theorie des Kreisels*, Heft 3, Leipzig, 1903, p. 633-663.
(6) *Acta astronomica*, 2, 1931, p. 101-174.

point de vue qualitatif des résultats classiques, et l'on obtient pour certains de bonnes valeurs approchées.

On forme notamment une valeur approchée satisfaisante de la précession des équinoxes dans les hypothèses suivantes. On suppose d'une part que le Soleil et la Lune ont, par rapport à la Terre, des mouvements circulaires dans le plan de l'écliptique, et l'on réduit d'autre part le renflement équatorial de la Terre à une circonférence d'équateur de masse convenable, c'est-à-dire qu'on remplace la Terre par un corps solide T formé d'une sphère de volume homogène de rayon R, de centre O, et d'une circonférence E homogène de masse m, disposée suivant un grand cercle : si en effet on suppose que la Terre est un solide de révolution de centre O, la répartition des masses n'intervient dans le mouvement de ce solide autour de son centre O et dans l'approximation considérée que par les moments d'inertie polaire et équatorial en O, soient C et A.

Klein et Sommerfeld ont supposé en outre le mouvement de précession régulier, c'est-à-dire que l'axe de révolution du solide T fait un angle constant avec le plan de l'écliptique : or une telle hypothèse établit deux relations d'égalité entre les six conditions initiales du mouvement du solide T autour du centre O; et l'on obtient la même valeur approchée de la précession en appliquant à ce mouvement, non pas dans un cas particulier, mais dans son cas général la théorie de l'effet gyroscopique devenue classique aujourd'hui, et en vérifiant que les conditions initiales satisfont aux deux inégalités fondamentales de cette théorie. D'une part à l'instant initial la rotation instantanée $\vec{\omega}$ du solide T autour de son centre O et le moment cinétique en O, qui diffèrent très peu en direction puisque le rapport C/A est très voisin de l'unité, sont tous deux très voisins de l'axe de révolution. D'autre part, le rapport C/A étant voisin de l'unité, le quotient par la rotation ω de la quantité obtenue pour la vitesse de précession ψ' est très petit. Il résulte notamment de la discussion classique que la première des deux circonstances précédentes subsiste pendant tout le mouvement, tandis que Poinsot, supposant seulement que la Terre est un solide de révolution, déduit le même résultat des observations.

Le potentiel d'où dérive l'attraction exercée sur la circonférence E par le point matériel auquel est réduit le Soleil, est par approximation, et pour un choix convenable des origines,

$$U = \frac{\mu m}{a} + \frac{\mu m R^2}{4a^3}[1 - 3\sin^2\theta\cos^2(\psi - nt)],$$

μ désignant le coefficient attractif du Soleil, a sa distance à la Terre, n sa vitesse angulaire et θ l'obliquité de l'écliptique. Dès lors la théorie connue donne la valeur approchée de la vitesse de précession ψ' par l'équation

$$(1) \qquad C\omega \sin\theta\psi' = \frac{\partial U}{\partial\theta} = -\frac{3\mu m R^2}{2a^3}\sin\theta\cos\theta\cos^2(\psi - nt).$$

D'où, compte tenu des relations et valeurs approchées

$$\frac{mR^2}{2} = C - A, \qquad \mu = n^2a^3, \qquad \frac{n}{\omega} = \frac{1}{366,25}, \qquad \frac{C-A}{C} = \frac{1}{305}, \qquad \cos\theta = 0,92,$$

la précession annuelle due à l'action du Soleil — 16″,01. D'après l'équation (1) elle-même, on obtient la précession due à l'action de la Lune en multipliant la précédente par le rapport direct des masses et par le rapport inverse des cubes des distances, soit par le nombre 2,17 : d'où la valeur moyenne —34″74, et la précession annuelle totale — 50″75, qui est une bonne approximation du nombre classique — 50″,26.

Selon l'analogie indiquée par Newton, le même calcul s'applique à la période, voisine de 18 ans 2/3, du mouvement rétrograde des nœuds de l'orbite lunaire sous l'action du Soleil.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *La loi de la gravitation et le déplacement parallèle.* Note [1] de M. **Jean Mariani**, présentée par M. Paul Langevin.

J'ai montré [2] comment on peut obtenir la loi différentielle du mouvement d'un point matériel libre dans un champ de gravitation quelconque au moyen de la théorie des groupes de mouvements irrotationnels finis et continus de S. Lie; je me propose de démontrer maintenant que la loi einsteinienne de la gravitation dans le vide

$$(1) \qquad R_{ik} = 0$$

se déduit de cette loi de mouvement et, par conséquent, des groupes précédents; en effet, si les ξ_i sont les composantes du vecteur vitesse d'univers du point matériel considéré, on a

$$(2) \qquad \xi_{i,k} + \xi_{k,i} = S_{ik} = 0; \qquad \xi_{i,k} - \xi_{k,i} = 0;$$

---

(1) Séance du 18 août 1936.

(2) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 2009-2011.

d'où

(3) $$\xi_{i,k}=0 \quad \text{et de même} \quad \xi_{i,rk}=0;$$

or un calcul facile (1) montre que l'on a

(4) $$\xi_{i,rk}=-\xi_h R^h_{kir}=0;$$

mais (4) représente les conditions d'intégrabilité de (3), lesquelles sont ainsi automatiquement satisfaites; il y a maintenant deux alternatives : ou bien

(5) $$R^h_{kir}=0,$$

en sorte que l'espace-temps est euclidien, solution banale que nous rejetons; ou bien (4) a lieu sans que (5) soit vérifié, ce qui est possible, car les ξ_i ne sont pas des vecteurs arbitraires, mais satisfont à l'équation

(6) $$\sum_1^4 \xi_i\xi^i=1;$$

on a donc à résoudre l'équation (4) sous la condition (6); or les équations (3) admettent quatre solutions particulières ξ_i^a en sorte que $\xi_i=\Sigma c_a\xi^i_a$, ce qui donne les quatre conditions d'intégrabilité

(7) $$\xi^a_h R^h_{kir}=0;$$

de même les conditions (6) sont remplacées par

(8) $$\xi^a_h\xi^r_a=\delta^r_h=g^r_h \quad \text{ou} \quad g_{rh}=\sum_a \xi^a_r\xi^a_h \quad (2).$$

Si les relations (7) sont vérifiées, on a également

(9) $$\xi^a_h\xi^r_a R^h_{kir}=0,$$

ce qui donne au moyen de (8)

(10) $$g^r_h R^h_{kir}=R_{ki}=0,$$

c'est-à-dire la loi einsteinienne de la gravitation dans le vide; la réciproque est aisée à démontrer.

(1) EISENHART, *Continuous groups of transformations* (*Princeton University Press*, 1933, p. 213).
(2) EISENHART, *loc. cit.*, p. 194.

ACOUSTIQUE. — *Sur l'absorption des ondes élastiques dans les fluides.* Note [1] de M. **René Lucas**, présentée par M. Paul Langevin.

L'absorption des ondes élastiques de haute fréquence a fait l'objet de recherches expérimentales [2] qui ont montré que l'affaiblissement du son est, pour les liquides, beaucoup plus important que celui prévu par la théorie de Stokes et Kirchhoff. Cette absorption n'est pas accompagnée de dispersion de la vitesse du son.

J'ai signalé [3] que cet écart peut être lié à l'hétérogénéité microscopique du liquide et entraîner l'existence d'un effet de diffusion du son qui a été effectivement observé [4].

En utilisant un mélange de nitrobenzène et d'hexane constituant une phase unique mais voisine de l'état critique, j'ai constaté que l'absorption des u. s. devient extrêmement intense (peut-être 30 fois plus grande) que celle de l'un ou l'autre des constituants du mélange. Ceci prouve le rôle important des fluctuations de composition du liquide dans la grandeur de l'absorption. Dans le cas d'un *liquide pur*, on peut préciser le rôle des fluctuations de densité d'après la théorie de Stokes et montrer que ces fluctuations peuvent entraîner une augmentation notable du coefficient d'absorption.

Il est commode d'utiliser l'expression donnée par Rayleigh, qui exprime le travail W des forces de viscosité développé par le mouvement du fluide par unité de volume et par unité de temps,

$$W = \lambda\theta^2 + \eta\left[2\left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)^2 + 2\left(\frac{\partial u}{\partial y}\right)^2 + 2\left(\frac{\partial u}{\partial z}\right)^2 + \left(\frac{\partial w}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial z}\right)^2 + \left(\frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial z}\right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y}\right)^2\right]$$

avec

$$\theta = \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z}$$

(u, v, w composantes de la vitesse; λ et η coefficients de Stokes).

---

[1] Séance du 18 août 1936.

[2] P. Biquard, *Thèse*, Paris, 1935.

[3] R. Lucas, *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 1172.

[4] P. Biquard, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 127.

Si le fluide, au lieu d'être parfaitement homogène présente des régions ou la densité ρ diffère de la densité moyenne ρ_0 nous admettons qu'en ces points l'amplitude de déplacement du fluide se trouve modifiée. Si $m=\sqrt{\rho_0/\rho}$ l'amplitude locale a sera, vis-à-vis de l'amplitude moyenne a_0, donnée par la relation $a=ma_0$ (dans le cas d'un mouvement harmonique et en supposant la fluctuation de densité indépendante du temps).

Une onde élastique plane (dans un milieu homogène) se propageant suivant ox dissipera dans un volume élémentaire $d\tau$ la puissance

$$dW=\left\{(\lambda+2\eta)\left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)^2+\eta\left[\left(\frac{\partial u}{\partial z}\right)^2+\left(\frac{\partial u}{\partial y}\right)^2\right]\right\}d\tau,$$

en négligeant les contributions du second ordre dues aux irrégularités de forme de la surface d'onde.

Comme

$$u=\frac{\partial a}{\partial t}=m\frac{\partial a_0}{\partial t},$$

$$\frac{dW}{d\tau}=(\lambda+2\eta)\left[m^2\left(\frac{\partial^2 a_0}{\partial x\,\partial t}\right)^2+\frac{\partial m^2}{\partial x}\frac{\partial a_0}{\partial t}\frac{\partial^2 a_0}{\partial x\,\partial t}\right]$$
$$+\left(\frac{\partial a_0}{\partial t}\right)^2\left\{(\lambda+2\eta)\left(\frac{\partial m}{\partial x}\right)^2+\eta\left[\left(\frac{\partial m}{\partial y}\right)^2+\left(\frac{\partial m}{\partial z}\right)^2\right]\right\}.$$

Pour une onde sinusoïdale d'amplitude A_0 de pulsation ω

$$\frac{dW}{d\tau}=(\lambda+2\eta)\frac{m^2}{2}\left(\frac{A_0\omega^2}{V}\right)^2+A_0^2\omega^2\left(\frac{\lambda+4\eta}{3}\right)\left(\frac{\partial m}{\partial r}\right)^2,$$

V vitesse du son, et en posant

$$\left(\frac{\partial m}{\partial x}\right)^2=\left(\frac{\partial m}{\partial y}\right)^2=\left(\frac{\partial m}{\partial z}\right)^2=\frac{1}{3}\left(\frac{\partial m}{\partial r}\right)^2 \qquad (r^2=x^2+y^2+z^2),$$

la puissance perdue par unité de volume sera

$$W=\int_{\tau=0}^{\tau=1}dW=\left(\frac{\lambda+2\eta}{2}\right)\left(\frac{A_0\omega^2}{V}\right)^2\int_0^1 m^2\,d\tau+A_0^2\omega^2\left(\frac{\lambda+4\eta}{3}\right)\int_0^1\left(\frac{\partial m}{\partial r}\right)^2d\tau.$$

La quantité $\int m^2\,d\tau$ peut s'exprimer en fonction de la condensation s du fluide $\rho=\rho_0(1+s)\,m^2=\frac{1}{1+s}$ et en se limitant au second ordre

$$\int_0^1 m^2\,d\tau=1+\int s^2\,d\tau.$$

Si l'on attribue les fluctuations de densité (supposées fixes jusqu'ici) à un système d'ondes longitudinales de Debye, l'expression $\int s^2 d\tau$ est liée à la densité d'énergie élastique du liquide équivalente à l'énergie thermique. Si W_t est la densité d'énergie de ces ondes

$$W_t = \rho_0 V^2 \int_0^1 S^2 d\tau = \frac{4\pi}{V^3} \int_0^{\nu_l} \frac{h\nu^3}{e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1} d\nu,$$

ν_l fréquence limite des ondes de fréquence ν; h, k, T ont la signification usuelle des constantes du rayonnement. On déduit finalement le coefficient d'absorption α_a de l'amplitude élastique

$$\alpha_a = \frac{W}{\rho_0 V A_0^2 \omega^2} = \left(\frac{\lambda + 2\eta}{2}\right) \frac{\omega^2}{\rho_0 V^3} \left[1 + \frac{4\pi}{\rho_0 V^5} \int_0^{\nu_l} \frac{h\nu^3}{e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1} d\nu \right] + \frac{\lambda + 4\eta}{3\rho_0 V} \int_{\tau=0}^{\tau=1} \left(\frac{\partial m}{\partial \nu}\right)^2 d\tau$$

au lieu de $\frac{(\lambda + 2\eta)}{2} \frac{\omega^2}{\rho_0 V^3}$ de la théorie classique.

Suivant les valeurs de $\nu_l \rho_0 VT$ le premier terme correctif peut atteindre une valeur notable vis-à-vis de l'unité, au voisinage du point critique par exemple le coefficient α_a devient infini.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Sur la vibration transversale circulaire d'un cylindre creux de quartz.* Note [1] de MM. **Ny Tsi-Ze** et **Fang Sun-Hung**, transmise par M. Charles Fabry.

Nous avons [2] montré qu'un cylindre creux de quartz, dont l'axe est parallèle à l'axe optique du cristal, peut être mis en vibration dans un circuit électrique comme une lame piézoélectrique. Il possède, en général, cinq fréquences fondamentales parmi lesquelles celle qui correspond à la vibration transversale circulaire est la plus facilement excitée. Nous allons préciser, dans cette Note, ce dernier mode de vibration.

Un cylindre creux de quartz vibre le long de la circonférence de sa section droite en trois ou six segments suivant la valeur du rapport de son rayon intérieur r au rayon extérieur R et chacun se compose d'une région de condensation et d'une région de dilatation. Quand le rapport r/R est inférieur à 0,5, il vibre en trois segments et les résultats de nos expériences

[1] Séance du 18 août 1936.

[2] *Nature*, **134**, 1934, p. 214; *Comptes rendus*, **200**, 1935, p. 565.

ont montré que sa fréquence propre satisfait à la relation

$$f = \frac{260}{\frac{\pi}{3}(r+R)} \text{ kc./sec.};$$

si le rapport r/R devient supérieur à 0,5 le cylindre vibre en six segments et sa fréquence propre satisfait à la relation

$$f = \frac{277}{\frac{\pi}{6}(r+R)} \text{ kc./sec.}$$

Les nombres 260 et 277 sont les moyennes de ceux d'une vingtaine de cylindres étudiés, le rapport r/R ayant varié de 0,23 à 0,83. Ils sont assez voisins de la constante 273 d'une lame de quartz piézoélectrique vibrant dans la direction perpendiculaire aux axes optique et électrique.

Un cylindre creux de quartz vibrant le long de la circonférence a été adopté comme étalon primaire de fréquence par Dye et Essen ([1]) en Angleterre. En effet la variation de fréquence d'un oscillateur cylindrique avec la température peut être rendue beaucoup plus faible que celle d'une lame de quartz piézoélectrique taillée à la Curie.

Les oscillations de l'oscillateur cylindrique dont le coefficient de température est à déterminer sont superposées à celles d'un quartz piézoélectrique de fréquence identique ou voisine maintenu à une température constante de manière à produire des battements. La fréquence des battements ainsi obtenus est mesurée par battement avec un oscillateur étalonné de fréquences acoustiques. La variation de fréquence avec la température d'une vingtaine de cylindres a été étudiée de cette façon et la température a varié de 14° à 80°C. Nous sommes arrivés aux résultats suivants :

Un cylindre qui vibre en trois segments a un coefficient de température positif et celui qui vibre en six segments a un coefficient négatif. Quand le rapport r/R se rapproche de la valeur 0,5 dans un sens ou l'autre, le coefficient de température diminue toujours en valeur absolue. Pour un cylindre dont le rapport r/R est très voisin de 0,5, le coefficient de température est seulement de quelques dix-millionièmes par degré à la température ambiante, il devient pratiquement nul dans un intervalle de 10° au voisinage de 45°C., puis il change de signe quand la température s'élève.

Un oscillateur cylindrique de quartz dont le rapport des deux rayons est voisin de 0,5 a donc un coefficient de température 100 fois plus faible que celle d'une lame de quartz piézoélectrique. Le fait que le rapport des

---

([1]) *Nature*, 135, 1935, p. 1076.

rayons doit être voisin de la valeur particulière 0,5 ne restreint nullement l'utilisation des oscillateurs cylindriques. En effet, puisque la fréquence propre dépend de la somme de deux rayons et non de leur rapport, pour une fréquence donnée dans un intervalle assez large on peut toujours réaliser un oscillateur cylindrique de coefficient de température nul.

GÉOLOGIE. — *Sur une zone d'accidents principalement à noyaux de roches éruptives dans le Haut-Atlas, à l'Est de Marrakech.* Note de M. **Édouard Roch**, présentée par M. Charles Jacob.

Tel que l'a décrit M. L. Moret [1], le Haut-Atlas de Marrakech montre, par suite des mouvements tertiaires : au-dessus d'un socle ancien, rigide, une couverture de terrains posthercyniens, ployée en larges synclinaux séparés par des anticlinaux aigus, ayant dégénéré parfois en flexures parallèles à la direction générale de la chaîne. On connaît bien celles-ci sur le versant septentrional du Massif Central du Haut-Atlas, émergé pendant le Lias et le Jurassique. Elles affectent le Paléozoïque, le Permo-Trias et le Crétacé.

Dans la région comprise entre Demnat et la Haute Vallée de l'Oued Imdrass, les montagnes sont, par contre, formées en grande partie de calcaires liasiques et bajociens. Leur tectonique est compliquée par l'apparition soudaine de pointements de roches éruptives paraissant être montées à travers les couches en les bousculant. Certains pointements s'alignent sur plus de 150^{km} le long d'un *Grand Accident* dont l'axe est sinueux; d'autres en sont indépendants. J'étudierai quatre séries de coupes échelonnées de l'Ouest vers l'Est le long de cet axe.

1° *Région du Djebel Amerziaz.* — Le Gothlandien fossilifère arrive en contact avec le Lias soit directement, soit par l'intermédiaire du Permo-Trias gréseux ou par celui de la roche éruptive basique (basalte doléritique le plus souvent) qui le surmonte. Dans la cluse d'Agouti n'Aït Manah, une esquille de Paléozoïque s'est logée entre le Permo-Trias sédimentaire et la roche éruptive. Dans la cluse de l'Asif n'Arrous, celle-ci supporte des argiles roses à gypse et des cargneules, roches non connues dans l'Atlas de Marrakech d'où le Lias est absent : les argiles injectent les calcaires du Lias inférieur.

2° *Région du Djebel Azourki.* — Au Tizi n'Tirist, le basalte doléritique, emballé dans des argiles roses à gypse, accompagné de cargneules, de dolomies noires et de brèches, est recouvert par les calcaires du Domérien supérieur, ployés en voûte brusque. Même dispositif à l'extrémité occidentale du Djebel Aïoui.

(1) L. Moret, *Recherches géologiques dans l'Atlas de Marrakech* (*Mémoires du Service des Mines et de la Carte Géologique du Maroc*, 1931).

3° *Région de Zaoüia Ahansal.* — La roche éruptive est logée cette fois-ci entre le Domérien supérieur formé de calcaires massifs et les grès argileux toarciens. A Assemsouk, tout se passe comme si elle avait soulevé le Domérien supérieur pour s'insérer ensuite au contact entre le Toarcien et l'Aalénien-Dogger.

4° *Région de l'Imdrass.* — L'Aalénien-Dogger recouvre directement à Aït Atto ou Moussa le basalte et les roches qui lui sont associées. Un dispositif identique est réalisé à Almou n'Timdouine Arrater.

Entre les points cités précédemment, ni la roche éruptive ni les argiles rouges n'apparaissent; leurs affleurements sont reliés les uns aux autres par une voûte fermée, plus ou moins aiguë jouant dans les terrains sédimentaires.

Il existe, soit au Nord de cette ligne remarquable, par exemple à Talmest et à Selloul, soit au Sud, comme à Aguern Tissent, des phénomènes identiques à ceux qui viennent d'être signalés, à cela près qu'ils tournent court au bout d'une dizaine de kilomètres.

Pour ces derniers, le terme de *diapir* convient absolument, en ce sens que la roche éruptive, accompagnée d'argiles roses à gypse, de cargneules, de dolomies noires, de brèches, a percé à travers [1] soit les calcaires du Domérien, soit les argiles et les grès du Toarcien, soit les marno-calcaires de l'Aalénien-Dogger, en provoquant des accidents limités en étendue, sortes de dômes elliptiques montrant l'exfoliation tectonique caractéristique du phénomène [2].

En ce qui concerne le Grand Accident, la définition ci-dessus ne s'applique pas avec rigueur. Personne n'a décrit, à ce jour, de diapir s'étendant sur d'aussi grandes distances, et offrant un tracé sinueux. De plus, à l'idée de diapir est liée celle de roches salifères, or nous savons par la coupe d'Agouti n'Ait Manah que l'accident intéresse aussi le substratum paléozoïque : il n'est donc pas limité aux formations à sels.

L'idée, qui demande vérification, est que le Grand Accident a débuté à l'origine par une flexure du genre de celles décrites par M. L. Moret, qu'ensuite les phénomènes de diapirisme sont intervenus. Ils ont pu se produire grâce à la plasticité des roches argileuses gypsifères facilement mises en mouvement par les efforts orogéniques récents et être accentués au surplus par la surcharge que constitue l'épais manteau de terrains secondaires couvrant le Paléozoïque et le Permo-Trias.

Il semble même que les phénomènes de diaspirisme décrits dans l'Atlas,

---

(1) J. Bourcart, *C. R. somm. S. G. F.*, 23 avril 1934, p. 100.

(2) L. Mrazec, *Les phénomènes de diapirisme et la géologie des gisements pétrolifères de Roumanie* (*Service géologique des Carpathes*, 1935).

qu'il s'agisse de celui de Marrakech ou de celui du Tadla, ne puissent se produire que lorsque la couverture jurassique est présente. L'accident de l'Oued Tidsi décrit voici quelques années déjà [1] en est une preuve. Il serait utile de reprendre à ce point de vue l'étude des brachyanticlinaux de Mogador : Dj. Hadid et Ali Kourati, Dj. Amsitten, etc.

BOTANIQUE. — *Sur l'indépendance relative des grands groupes de végétaux vasculaires*. Note de MM. **Paul Bertrand** et **Paul Corsin**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Toutes les grandes classes de végétaux vasculaires : Psilotales, Lycopodiales, Sphénophyllales, Équisétales, Filicales, Ptéridospermées, Ginkgoales, Conifères, Bennettitales, Cycadales, Gnétales, Angiospermes, sont indépendantes les unes des autres. Cette indépendance, pressentie depuis très longtemps, mise hors de doute pour le règne animal par Austin H. Clark (1930), est admise depuis quelques années par la plupart des botanistes, mais sans démonstration précise. Il est possible d'en donner une démonstration satisfaisante par deux méthodes : la première fondée exclusivement sur l'anatomie et l'ontogénie des organes supports (tiges et pétioles), la seconde basée sur l'organisation de l'appareil reproducteur.

Si l'on se propose de rechercher l'ascendance des Angiospermes en se servant des caractères anatomiques, on ne peut guère s'adresser qu'aux Ptéridospermées. De plus, seules les trois familles voisines : Calamopityées, Hétérangiées, Lyginoptéridées, peuvent être prises en considération, car seules ces plantes nous offrent des caractères susceptibles de fournir une base de comparaison.

La tige du *Lyginopteris oldhamia* renferme cinq faisceaux sympodaires (ou faisceaux caulinaires) primaires, indépendants l'un de l'autre, et, donnant naissance à toutes les traces foliaires. En principe, tout faisceau foliaire ou caulinaire comprend une masse ligneuse pleine avec trachées intérieures au bois, mais plus rapprochées du bord externe. De cette structure, on peut déduire que : soit dans la plantule, soit chez les ancêtres du *Lyginopteris* ou du *Calamopitys*, le système vasculaire, sur un parcours plus ou moins long, comprenait un seul faisceau central à structure concentrique. C'est cette même organisation que nous avons rencontrée par des

---

[1] L. Commanay, *Contribution à l'étude de l'Accident de l'Oued Tidsi* (I), Mémoire de 18 pages, 2 planches, carte et coupes; *Diplôme d'études supérieures*, Fac. Sc. Paris, 1934.

déductions analogues chez les ancêtres de toutes les Fougères paléozoïques ou primitives (Zygoptéridées, Botryoptéridées, Osmondacées). D'ailleurs on ne trouve rien de pareil dans la plantule des Angiospermes, pour laquelle il faut admettre une abréviation très forte du développement.

On est ainsi amené à penser que les ancêtres des trois groupes en question : Fougères, Ptéridospermées, Angiospermes, avaient une organisation vasculaire très simple et que, pour découvrir un ancêtre commun à deux quelconques d'entre eux, il faut s'adresser à des formes au moins aussi simples que les Rhyniales du Dévonien moyen. Pratiquement, cela revient à dire que tous les grands groupes, quels qu'ils soient, sont indépendants les uns des autres.

En ce qui concerne l'appareil reproducteur, nous nous bornerons à rappeler que la fleur des Bennettitales est comparable point par point à la forme initiale de la fleur des Scitaminées [1]. Cette similitude d'organisation très frappante est due évidemment à des phénomènes d'homoplasie. Là encore la position terminale des ovules montre que, pour trouver un ancêtre commun aux deux types considérés, il faut remonter à des plantes analogues aux Rhyniales.

En résumé, on a en main deux méthodes distinctes conduisant invinciblement au même résultat. L'évolution n'a donc pu s'exercer qu'à l'intérieur de groupes bien délimités et, quelque brillant qu'ait été leur épanouissement, tous les rameaux d'un groupe donné sont destinés à s'éteindre un jour sans donner de nouvelle descendance.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Extraction, des feuilles de* Viburnum Tinus *L., d'un principe immédiat cristallisé, le viburnitol.* Note de MM. **Henri Hérissey** et **Gabriel Poirot**.

Au cours de recherches, d'ailleurs jusqu'à présent infructueuses, dirigées en vue de l'extraction, des feuilles de *Viburnum Tinus*, du ou des hétérosides dédoublables par l'émulsine, que la recherche biochimique utilisant ce dernier ferment y décèle, nous avons isolé, à l'état pur, un principe cristallisé qui ne nous paraît pas avoir été déjà signalé. Ce principe, dont le rendement est inférieur à 1 pour 1000 de la matière fraîche initiale, peut être préparé de la façon suivante :

Les feuilles, fraîches ou sèches, de *V. Tinus* sont traitées par l'eau bouillante; le

(1) John Mc Leen Thompson, *The theory of Scitaminean flowering* (*University press*, Liverpool, 1933, p. 108).

décocté obtenu, additionné de 3 pour 100 d'acide sulfurique, est porté à l'ébullition pendant trois heures, dans le but d'hydrolyser les holosides et hétérosides qu'il peut contenir; la liqueur hydrolysée, après filtration et neutralisation par le carbonate de calcium, est soumise à la fermentation par la levure de bière, pour éliminer les sucres résultant de l'hydrolyse. Après filtration et ébullition de quelques instants, la liqueur refroidie est déféquée par l'acétate neutre de plomb; après séparation du précipité plombique, la liqueur limpide est additionnée de sous-acétate de plomb et d'ammoniaque, ce qui détermine la formation d'un volumineux précipité blanc ou légèrement jaunâtre, dans lequel est entraîné le principe cherché. Le précipité plombique ammoniacal ainsi obtenu est essoré, mis en suspension dans l'eau et décomposé par l'acide sulfurique étendu. La liqueur aqueuse, filtrée et neutralisée, est évaporée à sec sous pression réduite; l'extrait qu'elle laisse est repris à l'ébullition à reflux par de l'alcool à 95-96°; la solution alcoolique, filtrée après complet refroidissement, est évaporée à siccité; le résidu est repris par de l'eau. Cette dernière solution, filtrée puis additionnée d'un peu de noir animal et de sulfate de sodium anhydre en quantité suffisante, donne, après quelque temps d'exposition à l'air, une poudre sèche qui est épuisée par l'acétone anhydre, à l'ébullition, dans un appareil genre Kumagawa. La liqueur acétonique laisse déposer à l'état cristallisé le principe cherché; celui-ci est purifié par plusieurs cristallisations dans l'alcool à 95-96°.

Propriétés physiques. — Le corps ainsi obtenu à l'état pur se présente sous forme d'aiguilles brillantes, incolores, longues de plusieurs millimètres.

Chauffé à 100°, dans un courant d'air sec, sous pression réduite, il perd 10,10 pour 100 de son poids, qu'il récupère intégralement en quelques jours par exposition à l'air. Il est combustible sans résidu. Il est inodore; sa saveur est très légèrement sucrée.

Préalablement desséché, il fond au bloc Maquenne et au tube capillaire à 180-181°C. (corr.).

Il est extrêmement soluble dans l'eau, assez soluble à chaud, mais très peu à froid dans l'alcool à 95°.

Son pouvoir rotatoire, en solution aqueuse, a été trouvé : $[\alpha]_D = -49°,5$ ($v = 50^{cm^3}$, $l = 4$, $p = 1^g,000$ $\alpha = -3°58'$).

Propriétés chimiques. — Le corps étudié n'est pas azoté. Sa solution est neutre au tournesol. Solide ou en solution aqueuse, il ne donne lieu à aucune coloration avec le perchlorure de fer, les acides azotique, chlorhydrique et sulfurique, l'eau de brome, la lessive de soude. La solution aqueuse à 2^g pour 100^{cm^3} additionnée de 1/10° de son volume de sous-acétate de plomb ne donne aucun précipité.

La solution aqueuse ne réduit pas la liqueur cupro-potassique; il en est de même après action de l'acide sulfurique à 3 pour 100 bouillant qui n'en change pas la déviation polarimétrique.

La microanalyse élémentaire conduit, pour le corps anhydre, à la formule brute $C^6H^{12}O^5$ (identique, en particulier, à celle de la quercite) et, pour le corps cristallisé à $C^6H^{12}O^5 + OH^2$ (trouvé : 10,10 de perte pour 100; th. : 9,89).

D'autre part la cryoscopie faite dans l'eau a donné, pour la molécule du produit anhydre, la valeur 159,9 ($p = 1^g,815$, $\Delta = 0°,21$; th. pour $C^6H^{12}O^5$: 164,093).

Le corps étudié ne contient pas de radical méthoxy. Il paraît se rapprocher des polyalcools cycliques.

Nous proposons de désigner sous le nom de *viburnitol* le principe, bien défini, que nous avons ainsi isolé du *Viburnum Tinus*.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Hypertrophie du foie chez le Canard thyroïdectomisé. Rôle de la préhypophyse dans son enrichissement en lipides.* Note de M. **Jacques Benoit**, transmise par M. Maurice Caullery.

Au cours de recherches relatives à l'action de la lumière sur le développement testiculaire chez le Canard, j'observai que le foie des sujets préalablement *thyroïdectomisés* présentait généralement une hypertrophie considérable.

Le Tableau I montre que la *thyroïdectomie* a entraîné, en trois semaines, une forte augmentation pondérale du foie [$\times$ 2 fois en moyenne chez trois femelles (*e*), et $\times$ 2,3 chez trois mâles sur cinq (*b*)]. Cette hypertrophie est moins accusée lorsqu'après thyroïdectomie on injecte de la *thyroxine* [$\times$ 1,4 seulement chez quatre femelles (*f*)]. Elle s'accentue, au contraire, si l'on injecte de l'*extrait préhypophysaire* aux sujets thyréoprivés [$\times$ 2,6 chez trois mâles ainsi traités (*c*)]. Sur les coupes histologiques des foies hypertrophiés, les cellules hépatiques ont fortement augmenté de volume, et leur richesse en enclaves leur donne, après les techniques ordinaires, un aspect de dentelle d'autant plus accentué que le foie a davantage grossi. Quant à la constitution chimique des foies expérimentés, le Tableau II nous montre que la thyroïdectomie augmente notablement leur teneur en *lipides totaux* ($\times$ 4 fois en moyenne chez les Canes opérées). L'administration de thyroxine diminue sensiblement ce phénomène ($\times$ 1,3 seulement). En revanche la quantité de lipides totaux est très fortement accrue par l'injection, consécutive à la thyroïdectomie, d'*extrait préhypophysaire* : les foies de deux mâles expérimentés

TABLEAU I.

	Nos des sujets.	Age (mois).	Expériences.	Durée de l'expérience (jours).	Poids du sujet (gr.). Début.	Fin.	Différence.	Poids du foie (gr.).	Poids de foie par kg. de poids du corps (gr.).
			I. — *Mâles.*						
							Poids 2 testic. (gr.)		
a....	615	7	Sujets normaux	—	—	1980	1	45	23
	690	»		—	—	1800	5,5	58,9	33
	689	»		—	—	1650	6,9	35	21
	684	»		—	—	2200	39	55,4	25
	681	»		—	—	2320	70,6	71,4	31
	...	.		.	.	....	....	....	..
			Moy. de 33 sujets :			2040		49,5	25,1
b....	656	7	Thyroïdectomisés depuis	21	2150	2100	— 50	56,3	27
	705	9		20	2300	2020	—280	103	51
	601	6		21	1875	1835	— 40	102	55
	704	9		19	1840	1720	—120	56,6	33
	600	6,5		21	2320	2240	— 80	143	64
			Moy. :			1980		101,5	46
c....	654	7	Thyroïdectomisés, puis injectés d'extrait préhypophysaire ([a])	21	1960	1950	— 10	139,5	70
	671	»		22	2750	2750	0	170	72
	648	8		18	2200	2195	— 5	145,5	66
	(701)	» ([b])		15	(2485)	(1840)	(—645)	(98,5)	(53,5)
			Moy. des 3 sujets :			2298		151,7	66
			II. — *Femelles.*						
d....	731	5	Normales	—	—	1655	—	62	37,5
	732	»		—	—	1320	—	41	31
	733	»		—	—	1445	—	41	28,3
			Moy. :			1473		48	32,3
e....	723	»	Thyroïdectomisées depuis	22	1100	1320	+220	89	67,5
	724	»		21	1510	1780	+270	106,5	60
	725	»		21	1550	1735	+185	107	61,5
			Moy. :			1612		101	63
f....	726	»	Thyroïdectomisées, puis injectées de thyroxyne ([c])	21	1240	1180	— 60	41	34,8
	727	»		20	1300	1400	+100	68,5	49
	729	»		19	1240	1220	— 20	61	50
	730	»		19	1790	1800	+ 10	77	42,8
			Moy. :			1400		62	44

Nota. — ([a]) Pendant 16, 18, 14 et 10 jours, correspondant à 27, 30, 23 et 17g de préhypophyse fraîche de ureau. ([b]) Mort spontanée. ([c]) Pendant 18, 18, 16 et 16 jours, correspondant à 14,7, 15,2, 13,5 et 14mg,6 thyroxyne (Hoffmann la Roche).

TABLEAU II.

Sujets.	Expériences.		Foie (gr.) total.	Foie (gr.) par kg. de poids du corps.	Lipides totaux du foie (gr.) total.	Lipides totaux du foie (gr.) par kg. de poids du corps.	Autres constituants du foie (gr.) total.	Autres constituants du foie (gr.) par kg. de poids du corps.
3 ♀	Témoins	Moy.	48	32,3	2,46	1,6	45,54	30,7
3 ♀	Thyroïdectomisées	Moy.	101	63	10,5	6,65	90,5	56,35
4 ♀	Thyroïdectomisées et injectées de thyroxine	Moy.	62	44	3,25	2,34	58,75	41,66
681	Témoins		71,4	31	3,44	1,48	67,96	29,52
684			55,4	25	1,94	0,87	53,46	24,13
		Moy.	63,4	28	2,3	1,2	60,7	26,8
648	Thyroïdectomisés et injectés d'extrait préhypophysaire		145,5	66	57,6	26,2	88	39,8
671			170	62	64,3	23,4	105,7	38,6
		Moy.	158	64	61	25	97	39,2

renfermaient $57^{g},6$ et $64^{g},3$ de lipides, contre $3^{g},44$ et $1^{g},94$ chez deux mâles témoins, soit une quantité de plus de 20 fois supérieure en moyenne à la quantité normale.

Cette forte augmentation des graisses ne suffit cependant, ni chez les mâles ni surtout chez les femelles et en particulier chez celles qui furent traitées à la thyroxine, à rendre compte de tout l'accroissement pondéral du foie. Comme l'indique le Tableau II, *d'autres constituants* du parenchyme hépatique y ont contribué et souvent en valeur absolue, pour la plus large part.

En ce qui concerne maintenant le *mécanisme* de l'hypertrophie du foie, et en limitant le problème à la question des lipides, il me paraît ressortir des résultats précédents que le fonctionnement thyroïdien entrave et que la sécrétion préhypophysaire au contraire favorise l'engraissement du foie. Les résultats des injections d'extraits préhypophysaires après thyroïdectomie et ceux aussi qu'ont obtenus Coope et Chamberlain et d'autres auteurs, chez des Mammifères donnent à penser que l'hypophyse exercerait une action directe sur la fixation des graisses par le foie. Des recherches en cours montreront si l'engraissement du foie consécutif à la thyroïdectomie est directement lié à la suppression de la fonction thyroïdienne, ou s'il résulte d'une hyperactivité de l'hypophyse, libérée par l'ablation des thyroïdes, d'un freinage que ces glandes exerceraient normalement sur elle.

IMMUNOLOGIE. — *Action neutralisante*, in vitro, *du sulfure de carbone sur la toxine tétanique*. Note (¹) de M. **Léon Velluz**, présentée par M. Hyacinthe Vincent.

Au cours de recherches relatives à la neutralisation des toxines microbiennes j'ai constaté que le sulfure de carbone peut inactiver, à un taux très minime, des doses mille fois mortelles de toxine tétanique. A ma connaissance cette propriété antitoxique curieuse n'a fait l'objet jusqu'ici d'aucune étude véritablement positive. Observé une première fois par Ehrlich et Lowenstein (²), ce phénomène d'inhibition n'a pu ensuite être reproduit par ces mêmes auteurs. Plus récemment Lowenstein a rappelé le caractère contradictoire des résultats obtenus, dont aucune conclusion n'a pu évidemment être dégagée (³).

I. J'ai additionné la toxique tétanique de quantités variables de sulfure de carbone fraîchement redistillé. Dans ces conditions on observe une chute remarquable et rapide de la propriété toxique. Après un temps de contact suffisant, l'injection de ces mélanges ne donne plus lieu, en effet, chez l'animal réceptif, à aucun symptôme de tétanos, même tardif. Le sulfure de carbone a donc la propriété de neutraliser complètement, *in vitro*, cette toxine microbienne.

Ce corps sulfuré est peu soluble dans l'eau : sa solution saturée n'en contient que 2 pour 1000. Néanmoins, son pouvoir antitoxique est tel qu'en mélangeant à parties égales cette solution (soit 2^{mg} de CS^2 par centimètre cube) et une toxine tétanique mortelle, pour le cobaye de 400^g, au millième de centimètre cube, l'animal supporte d'emblée et sans incident, au moins 2000 doses mortelles. De même, le lapin de 1800^g reçoit impunément, en injection intraveineuse, 5000 doses mortelles de la même toxine neutralisée, et probablement davantage encore.

Ce mélange, inclus en tube scellé et maintenu à la température ordinaire, devient neutre en deux semaines, en moyenne. A 6-8°, l'inactivation se produit encore, mais plus lentement. A 38°, elle est complète au troisième jour.

Les mêmes faits se reproduisent si l'on opère à des pH différents (6 à 8) ou sous pression réduite. Il importe seulement, dans ce dernier cas, de

(¹) Séance du 18 août 1936.

(²) *Wiener Klinische Wchschr.*, 29, 1916, p. 514-515.

(³) *Zentr. f. Bakter. Parasit.*, 122, Orig., 1931, p. 295.

refroidir les mélanges à -10, $-12°$ avant de sceller sous vide (15^{mm}Hg), ce qui évite tout départ important de CS^2.

Enfin il est à remarquer qu'une dose de sulfure de carbone dix fois supérieure à celle qui inhibe à coup sûr la toxine tétanique, ne produit aucune neutralisation de la toxine diphtérique, même après un mois de séjour à 38°.

II. La combinaison neutre que forme le sulfure de carbone avec la toxine tétanique est difficilement dissociable. Traitée avec précaution par l'acide chlorhydrique ou la soude diluée, ou encore par le chlorure mercurique, elle ne détermine aucun symptôme morbide chez le cobaye. Néanmoins, la toxine inactivée par cette méthode n'est pas réellement détruite : en effet, son pouvoir immunigène est conservé. On le vérifie de la manière suivante :

Dix cobayes, d'un poids moyen de 400^g, reçoivent une seule injection de 2^{cm^3} d'un mélange atoxique obtenu à 38° (pH $\neq$ 6). Dix jours après cette inoculation unique, on peut leur injecter impunément dix doses mortelles de toxine pure. La propriété immunigène ainsi constatée est maintenue lorsqu'on utilise, pour préparer le mélange neutre, un taux de sulfure de carbone dix fois supérieur au taux neutralisant minimum.

Sur un lot différent d'animaux, trois injections de 2^{cm^3} du mélange ont été pratiquées à deux semaines d'intervalle. Quinze jours après la dernière injection, on a pu injecter d'emblée 4000 ou 5000 doses mortelles de toxine. Avant cette épreuve, quelques cobayes étant sacrifiés, 1^{cm^3} de leur sérum neutralisait le plus souvent 5000 doses mortelles et, dans un cas, plus de 40000. Chez le lapin, la même expérience fournit un résultat semblable.

En conséquence : 1° l'inoculation d'un mélange de toxine et de sulfure de carbone, préparé comme il est indiqué ci-dessus, est inoffensive; 2° elle détermine, chez l'animal, une forte immunité contre ladite toxine. D'autre part, le caractère précoce et les taux successifs de l'immunité obtenue par ce thiovaccin sont, dans une certaine mesure, inusités.

Outre l'intérêt théorique qui s'y rattache, les recherches qui précèdent et leurs résultats peuvent conduire à certaines applications pratiques en immunologie.

La séance est levée à $15^h 30^m$.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 31 AOUT 1936.

PRÉSIDENCE DE M. HENRI DOUVILLÉ.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *La théorie du photon et la mécanique ondulatoire relativiste des systèmes.* Note ([1]) de M. **Louis de Broglie**.

Dans notre théorie du photon ([2]), nous avons considéré le photon comme formé par deux corpuscules *complémentaires*, ayant même masse propre $1/2\mu_0$, dont les ondes obéissent aux équations de propagation du type de Dirac :

$$(1)\qquad \begin{cases} \dfrac{1}{c}\dfrac{\partial\Psi_i^{(1)}}{\partial t} = \alpha_1^{(1)}\dfrac{\partial\Psi_i^{(1)}}{\partial x_1} + \alpha_2^{(1)}\dfrac{\partial\Psi_i^{(1)}}{\partial y_1} + \alpha_3^{(1)}\dfrac{\partial\Psi_i^{(1)}}{\partial z_1} + \dfrac{2\pi i}{h}\dfrac{\mu_0 c}{2}\alpha_4^{(1)}\Psi_i^{(1)}, \\ \dfrac{1}{c}\dfrac{\partial\Psi_k^{(2)}}{\partial t} = \alpha_1^{(2)}\dfrac{\partial\Psi_k^{(2)}}{\partial x_2} + \alpha_2^{(2)}\dfrac{\partial\Psi_k^{(2)}}{\partial y_2} + \alpha_3^{(2)}\dfrac{\partial\Psi_k^{(2)}}{\partial z_2} + \dfrac{2\pi i}{h}\dfrac{\mu_0 c}{2}\alpha_4^{(2)}\Psi_k^{(2)}, \end{cases}$$

avec $i, k = 1, 2, 3, 4$; $x_1, y_1, \ldots, z_2$ étant les coordonnées des deux corpuscules. Les matrices $\alpha^{(1)}$ ont les valeurs usuellement adoptées en théorie de Dirac, les matrices $\alpha^{(2)}$ du corpuscule complémentaire ont les valeurs

$$(2)\qquad \alpha_1^{(2)} = \alpha_1^{(1)}, \qquad \alpha_2^{(2)} = -\alpha_2^{(1)}, \qquad \alpha_3^{(2)} = \alpha_3^{(1)}, \qquad \alpha_4^{(2)} = -\alpha_4^{(1)}.$$

Définissons 8 matrices à 16 lignes et 16 colonnes par les formules

$$(3)\qquad (a_j^{(1)})_{ik,lm} = (\alpha_j^{(1)})_{il}\,\delta_{km}, \qquad (a_j^{(2)})_{ik,lm} = \delta_{il}(\alpha_j^{(2)})_{km}.$$

([1]) Séance du 10 août 1936.

([2]) Voir par exemple *Une nouvelle conception de la lumière* (*Actualités scientifiques*, n° 181, Paris).

Les équations du système formé par les deux corpuscules s'écrivent alors

$$(4)\qquad \frac{1}{c}\frac{\partial \Psi_{ik}}{\partial t} = a_1^{(1)}\frac{\partial \Psi_{ik}}{\partial x_1} + a_1^{(2)}\frac{\partial \Psi_{ik}}{\partial x_2} + a_2^{(1)}\frac{\partial \Psi_{ik}}{\partial y_1} + \ldots + \frac{2\pi i}{h}\mu_0 c\,\frac{a_4^{(1)} + a_4^{(2)}}{2}\Psi_{ik}.$$

Supposons que nous ayons dans un certain système de référence galiléen, que nous nommerons le système propre, une solution de la forme

$$(5)\qquad \begin{cases} \Psi^0_{41} = a^0_{41}\varphi^0_{41}(x^0_1 - x^0_2,\ y^0_1 - y^0_2,\ z^0_1 - z^0_2)\,e^{\frac{2\pi i}{h}\mu_0 c^2 t_0}, \\ \Psi^0_{31} = a^0_{31}\varphi^0_{31}(x^0_1 - x^0_2,\ \ldots)\,e^{\frac{2\pi i}{h}\mu_0 c^2 t_0}; \end{cases}$$

$$\Psi^0_{42} = a^0_{42}\varphi^0_{42}(x^0_1 - x^0_2,\ \ldots)\,e^{\frac{2\pi i}{h}\mu_0 c^2 t_0}, \qquad \Psi^0_{32} = a^0_{32}\varphi^0_{32}(x^0_1 - x^0_2,\ \ldots)\,e^{\frac{2\pi i}{h}\mu_0 c^2 t_0},$$

les autres Ψ^0_{ik} étant nuls. Les φ^0_{ik} dépendent seulement des différences des coordonnées et sont indépendantes du temps t_0. Nous supposerons que les φ^0 sont normées de façon que

$$(6)\qquad \int |\varphi^0_{ik}|^2\, d\xi_0\, d\eta_0\, d\zeta_0 = 1,$$

$\xi_0\eta_0\zeta_0$ désignant les différences $x^0_1 - x^0_2$, ... Enfin nous supposerons que deux fonctions φ^0_{ki} *différentes l'une de l'autre* soient orthogonales en $\xi_0\eta_0\zeta_0$

$$(7)\qquad \int \varphi^0_{ik}\varphi^0_{lm}\, d\xi_0\, d\eta_0\, d\zeta_0 = 0 \qquad \text{si} \quad \varphi^0_{lm} \neq \varphi^0_{ik}.$$

Posons maintenant

$$(8)\qquad \mathrm{X} = \frac{x_1 + x_2}{2}, \qquad \ldots, \qquad \xi = \frac{x_1 - x_2}{2}, \qquad \ldots,$$

X, Y, Z, sont alors les coordonnées du centre de gravité du système.

Dans un système de référence galiléen quelconque, que nous nommerons le système de l'observateur, la solution (5) prendra, en vertu de propriétés connues des équations de Dirac, la forme

$$(9)\qquad \Psi_{ik}(\mathrm{X},\ \mathrm{Y},\ \mathrm{Z},\ \xi,\ \eta,\ \zeta) = e^{\frac{2\pi i}{h}(\mathrm{W}t - p_x\mathrm{X} - p_y\mathrm{Y} - p_z\mathrm{Z})}\,\mathrm{S}\,a^0_{ik}\varphi^0_{ik}(\xi,\ \eta,\ \zeta)$$

avec

$$(10)\qquad \mathrm{W} = \frac{\mu_0 c^2}{\sqrt{1 - \beta^2}}, \qquad \vec{p} = \frac{\mu_0\vec{\beta}c}{\sqrt{1 - \beta^2}},$$

$\vec{\beta}c$ étant la vitesse relative du système propre par rapport à celui de l'observateur. $\varphi^0_{ik}(\xi,\ \eta,\ \zeta)$ représente la fonction φ^0_{ik} exprimée à l'aide des

variables ξ, η, ζ : elle ne dépend pas de t. Enfin S représente une transformation linéaire faite sur les φ^0_{ik}.

La fonction d'onde (9) satisfait dans le système de l'observateur à l'équation de propagation

$$(11)\qquad \frac{1}{c}\frac{\partial \Psi_{ik}}{\partial t} = \frac{a_1^{(1)}+a_1^{(2)}}{2}\frac{\partial \Psi_{ik}}{\partial X} + \frac{a_2^{(1)}+a_2^{(2)}}{2}\frac{\partial \Psi_{ik}}{\partial Y} + \frac{a_3^{(1)}+a_3^{(2)}}{2}\frac{\partial \Psi_{ik}}{\partial Z} + \frac{2\pi i}{h}\mu_0 c \frac{a_4^{(1)}+a_4^{(2)}}{2}\Psi_{ik}$$

avec, d'après (9),

$$(12)\qquad \Psi_{ik}(X, Y, Z, \xi, \eta, \zeta, t) = \sum_{rt} s_{ik,rt}\, a^0_{rt}\, \varphi^0_{rt}\, e^{\frac{2\pi i}{h}(Wt - p_X X - p_Y Y - p_Z Z)}.$$

Multiplions (11) par $\sum_{lm}\varphi^0_{lm}(\xi_0, \eta_0, \zeta_0)$ et intégrons sur les variables propres ξ_0, η_0, ζ_0. En vertu de (6) et de (7), on fait ainsi apparaître une fonction d'onde dépendant seulement des variables X, Y, Z, t

$$(13)\qquad \Phi_{ik}(X, Y, Z, t) = \sum_{rt} s_{ik,rt}\, a^0_{rt}\, e^{\frac{2\pi i}{h}(Wt - p_X X - p_Y Y - p_Z Z)},$$

qu'on peut appeler la fonction d'onde du centre de gravité. Elle satisfait à l'équation

$$(14)\qquad \frac{1}{c}\frac{\partial \Phi_{ik}}{\partial t} = \frac{a_1^{(1)}+a_1^{(2)}}{2}\frac{\partial \Phi_{ik}}{\partial X} + \frac{a_2^{(1)}+a_2^{(2)}}{2}\frac{\partial \Phi_{ik}}{\partial Y} + \frac{a_3^{(1)}+a_3^{(2)}}{2}\frac{\partial \Phi_{ik}}{\partial Z} + \frac{2\pi i}{h}\mu_0 c \frac{a_4^{(1)}+a_4^{(2)}}{2}\Phi_{ik}.$$

De plus, elle se réduit dans le système propre à

$$(15)\qquad \Phi^0_{ik} = a^0_{ik}\, e^{\frac{2\pi i}{h}\mu_0 c^2 t_0},$$

les composantes d'indices 41, 42, 31 et 32 étant seules différentes de zéro. Cette onde possède les caractères essentiels des ondes planes que nous avons rencontrées dans la théorie du photon. Ainsi paraît confirmée la remarquable hypothèse de M. Jean-Louis Destouches, suivant laquelle les équations du photon seraient celles du centre de gravité des deux constituants.

Or il est effectivement possible de trouver des solutions du type (5). Les équations (4) admettent une solution qui s'écrit dans le système propre

$$(16)\qquad \begin{cases} \Psi^0_{31} = -\Psi^0_{42} = \dfrac{\zeta_0}{r_0^3} e^{\frac{2\pi i}{h}\mu_0 c^2 t_0}, \qquad \Psi^0_{32} = \dfrac{\xi_0 + i\eta_0}{r_0^3} e^{\frac{2\pi i}{h}\mu_0 c^2 t_0} = \dfrac{\rho_0 e^{i\theta_0}}{r_0^3} e^{\frac{2\pi i}{h}\mu_0 c^2 t_0}, \\ \Psi^0_{41} = \dfrac{\xi_0 - i\eta_0}{r_0^3} e^{\frac{2\pi i}{h}\mu_0 c^2 t_0} = \dfrac{\rho_0 e^{-i\theta_0}}{r_0^3} e^{\frac{2\pi i}{h}\mu_0 c^2 t_0} \qquad (r_0 = \sqrt{\xi_0^2 + \eta_0^2 + \zeta_0^2}). \end{cases}$$

ρ_0 et θ_0 étant des coordonnées polaires autour de l'origine dans le plan $\xi_0 \eta_0$. Nous obtenons donc une solution du type (5) en posant

$$(17)\quad \left\{ \begin{array}{lll} a^0_{31} = -a^0_{42} = C, & a^0_{32} = Ce^{-i\alpha}, & a^0_{41} = Ce^{i\alpha}, \\ \varphi^0_{31} = \varphi^0_{42} = b_1 \dfrac{\zeta_0}{r_0^3}, & \varphi^0_{32} = b_2 \dfrac{\rho_0\, e^{i(\theta_0+\alpha)}}{r_0^3}, & \varphi^0_{41} = b_3 \dfrac{\rho_0\, e^{-i(\theta_0+\alpha)}}{r_0^3}, \end{array} \right.$$

les b étant des constantes de normalisation. Les constantes C et α sont arbitraires et cela suffit pour que nous puissions, à l'aide de la fonction Φ correspondante, obtenir dans notre théorie du photon tous les types possibles de polarisation pour l'onde électromagnétique. Notons cependant une grosse difficulté : les fonctions φ^0 ne sont pas réellement normables, elles ne sont pas de carré sommable.

Passons à une dernière question. On peut voir que, dans l'espace de configuration, la densité et les flux des points représentatifs doivent s'exprimer à l'aide d'un tenseur de rang deux, et non à l'aide d'un vecteur d'espace-temps comme en théorie de Dirac. En fait, on peut construire un tenseur de rang deux dont la composante T_{44} est $\sum_{ik} |\Psi_{ik}|^2$. La quantité

$$\int \sum_{ik} |\Psi_{ik}|^2\, dx_1\, dy_1\, dz_1\, dx_2\, dy_2\, dz_2$$

est à la fois un invariant relativiste et une constante au cours du temps. En employant les variables (8), on peut donc dire que la probabilité de présence du point figuratif dans l'élément de volume $dX\, dY\, dZ\, d\xi\, d\eta\, d\zeta$ est proportionnelle à $\sum_{ik} |\Psi_{ik}|^2\, dX\, dY\, dZ\, d\xi\, d\eta\, d\zeta$ et, par suite, la probabilité de présence du centre de gravité dans l'élément $dX\, dY\, dZ$ sera

$$(18)\qquad \rho\, dX\, dY\, dZ = dX\, dY\, dZ \int \sum_{ik} |\Psi_{ik}|^2\, d\xi\, d\eta\, d\zeta.$$

Calculons cette grandeur pour une onde du type (9). Comme $\sum_{ik} |\Phi_{ik}|^2$ est invariant pour une rotation des axes d'espace, on peut mettre l'axe des z dans la direction de propagation (direction du vecteur $\vec{p}$). Or la matrice S est alors telle qu'étant données les valeurs des φ^0_{ik}, chaque $S\varphi^0_{ik}$ ne dépend que d'un seul φ^0, de sorte que

$$(19)\qquad S a^0_{ik} \varphi^0_{ik} = s_{ik,lm}\, a^0_{lm}\, \varphi^0_{lm} \qquad [\text{avec un seul } (lm)].$$

Il vient donc, en tenant compte de (7) et de la contraction de Lorentz,

$$(20)\quad \int \sum_{ik} |\Psi_{ik}|^2 d\xi\, d\eta\, d\zeta = \left| e^{\frac{2\pi i}{h}(\mathrm{W}t - p\mathrm{Z})} \right|^2 \sum_{ik} s^{\star}_{ik,lm} s_{ik,lm} |a^0_{lm}|^2 \int |\varphi^0_{lm}|^2 d\xi\, d\eta\, d\zeta$$

$$= \sum_{ik} \left| s_{ik,lm} a^0_{lm} e^{\frac{2\pi i}{h}(\mathrm{W}t - p\mathrm{Z})} \right|^2 \sqrt{1-\beta^2} = \sqrt{1-\beta^2} \sum_{ik} |\Phi_{ik}|^2.$$

Or, avec les axes choisis, on a

$$(21)\quad \sqrt{1-\beta^2} \sum_{ik} |\Phi_{ik}|^2 = \sum_{ik} \Phi^{\star}_{ik} \frac{a_4^{(1)} + a_4^{(2)}}{2} \Phi_{ik};$$

d'où enfin

$$(22)\quad \rho\, d\mathrm{X}\, d\mathrm{Y}\, d\mathrm{Z} = \sum_{ik} \Phi^{\star}_{ik} \frac{a_4^{(1)} + a_4^{(2)}}{2} \Phi_{ik}\, d\mathrm{X}\, d\mathrm{Y}\, d\mathrm{Z}.$$

C'est précisément l'expression que nous avons adoptée en théorie du photon et l'intervention de l'opérateur $a_4^{(1)} + a_4^{(2)}/2$ apparaît comme due à la contraction de Lorentz comme nous l'avions pressenti.

GÉOLOGIE. — *Le microplankton des phosphates de la Tunisie et de l'Est algérien.* Note de M. **Lucien Cayeux**.

Dès 1896 j'ai signalé l'existence de nombreuses *Diatomées* dans les grains de phosphate du gisement de Gafsa (Tunisie) et reconnu, parmi les formes les plus répandues, les genres *Triceratium* et *Coscinodiscus* (¹). En même temps j'ai noté que ces grains dérivent d'une vase à Diatomées marines qu'on ne peut imaginer plus typique. Le fait reste vrai pour tout le groupe de Gafsa, qui vient en première ligne au point de vue de la richesse en carapaces de Diatomées.

Les quelques échantillons passés en revue en 1896 renfermaient, en outre, une faible proportion de grains à *Radiolaires*. Quant aux Foraminifères, ils étaient exclus des matériaux phosphatés.

L'étude systématique des principaux gisements de la Tunisie et de l'Est algérien nous enseigne que les Diatomées, bien que moins fréquentes, en moyenne, que dans le Bassin de Gafsa, s'y retrouvent en grand nombre et

(¹) L. Cayeux, *Comptes rendus*, **123**, 1896, p. 273; l'année suivante, un savant spécialiste en matière de Diatomées, J. Tempère, identifiait jusqu'à neuf genres différents dans mes préparations (*Comptes rendus*, **123**, 1897, p. 381).

que, d'une manière générale, la contribution du microplankton est beaucoup plus variée que l'examen très sommaire de quelques fragments me l'avait fait supposer en 1896.

Il est possible de démontrer que les Radiolaires de taille normale étaient moins rares à l'origine qu'aujourd'hui. Il existe effectivement des éléments, en proportions variables, renfermant un Radiolaire en voie d'effacement et des grains dans lesquels il reste tout au plus quelques vestiges de test reconnaissables. Si bien qu'on peut conclure sans réserve que, parmi les grains, d'ailleurs peu nombreux, d'origine non coprolithique, qui sont complètement privés d'inclusions organiques, il en est qui procèdent certainement de grains à Radiolaires. Par exception, semble-t-il, ceux-ci ont été très fréquents dans certains phosphates de la Tunisie méridionale (M' Dilla).

Les Radiolaires de taille ordinaire sont loin d'être les seuls représentants du groupe. Dans maints phosphates de la Tunisie et de l'Est algérien, de nombreux éléments renferment des organismes globuleux, en forme de petites boules noires, dont beaucoup mesurent une dizaine de μ de diamètre, et d'autres de même type, incomparablement moins répandus en moyenne, qui n'ont d'individualité que par une coquille extrêmement mince, remplie de phosphate. On peut étudier les premiers dans des grains phosphatés dont la limpidité est profondément troublée par une foule d'inclusions noirâtres d'origine organique. Dans la majorité des individus aucune différenciation n'est perceptible, mais il en est parmi eux qui présentent un réseau de Radiolaires à petites mailles polygonales régulières. En outre, des formes, pourvues ou non d'un réseau reconnaissable, sont ornées de rudiments de piquants, voire d'épines très déliées. L'examen de ces matériaux dans certaines conditions ne laisse aucun doute sur leur attribution aux Radiolaires, en dépit de leur taille exceptionnellement exiguë. Quant à cette exiguïté, elle signifie, croyons-nous, que les Radiolaires ont été fixés, à l'*état embryonnaire*, dans les grains phosphatés. A eux seuls, ils constituent une des caractéristiques fondamentales du microplankton des phosphates de la Tunisie et de l'Est algérien.

Qu'il s'agisse des individus de taille ordinaire ou des autres, la presque totalité se réclame des *Spumellaria*. L'extrême rareté des formes à rapporter aux *Nassellaria* n'est rien moins qu'énigmatique.

Il existe également, et parfois en très grand nombre, des *microspicules*, qu'il est impossible de rapporter à des Spongiaires. D'une façon générale, les milieux propres à la concentration du phosphate de chaux se sont montrés défavorables à l'existence des Éponges, et cela d'un bout à l'autre

des temps géologiques. A de rarissimes exceptions près, ces microspicules sont monoaxes et représentés par des bâtonnets cylindriques, tronqués aux deux extrémités, et parfois fusiformes. Les uns et les autres sont presque toujours rectilignes, et de taille inférieure à celle des microsclères. Un individu donné mesure $0^{mm},08$ de long et 6^{μ} de diamètre. Il en est de plus longs, et surtout de plus courts. Rares ou clairsemés dans les grains qui les renferment, ils pullulent dans quelques-uns, à un degré tel qu'ils sont presque contigus. Leur diagnostic manque d'éléments de certitude. Peut-être faut-il les rapporter aux Radiolaires du groupe des *Collodaria*, du fait qu'on observe de loin en loin, dans les grains renfermant des embryons de Radiolaires, un spicule multiradié, aux rayons fourchus, très caractéristique des Radiolaires dépourvus d'enveloppe solide.

Une place quasi négligeable est réservée à des grains qui ont emprisonné des portions d'Algues, réduites à une file de cellules, bien conservées et non déformées, malgré leur aptitude à se décomposer et à disparaître rapidement.

Il est encore possible d'observer dans nombre limité d'éléments des formes organiques appartenant indubitablement aux *Silicoflagellés*. Je ne crois pas me tromper en affirmant que ce groupe est appelé à faire d'heureuses acquisitions, quand l'étude des phosphates nord-africains sera poussée à fond, au point de vue micropaléontologique.

Enfin les grains pétris de Radiolaires embryonnaires, accompagnés ou non de Diatomées, contiennent parfois des organismes indéterminés qui s'ajoutent aux groupes précédents.

Parmi les innombrables inclusions des grains phosphatés, on n'observe jamais ni granules de quartz ni Foraminifères ni Algues à rapporter aux Coccolithes et Rhabdolithes. L'absence de ces derniers, répandus à profusion dans le microplankton des mers supracrétacées et des océans actuels, est particulièrement remarquable.

Au total, les phosphates en question renferment une masse vraiment considérable de microorganismes de surface. Nous sommes là en présence de quelque chose d'absolument unique, pour le moment, dans toute la série sédimentaire. C'est la première fois, en effet, qu'on peut observer le microplankton des mers anciennes avec une pareille richesse et une aussi grande diversité. Lorsqu'on examine des grains, bourrés de débris organiques au point que le fond phosphaté qui les agglutine transparaît à peine, on est tout naturellement enclin à les regarder comme des témoins complets de la faune et de la flore microscopique de l'époque. Telle n'est pas la vérité, car

le tableau que j'en ai dressé reste incomplet, ainsi que nous l'apprendrons bientôt.

Ce qui vient d'être dit n'autorise nullement à conclure que les mers qui ont engendré les phosphates nord-africains ont reçu en partage une provision exceptionnelle de plankton. J'ai appelé l'attention, en 1897, sur l'existence de milieux conservateurs des structures organisées les plus délicates, et attribué au phosphate de chaux des propriétés exceptionnellement favorables à la conservation des microorganismes [1]. C'est en vertu de ces propriétés que le microplankton des phosphates de la Tunisie et de l'Est algérien a pu échapper aux influences qui, en d'autres milieux, l'auraient détruit en partie ou en totalité.

Il est à noter que tous les représentants du microplankton observé, sans en excepter un seul, sont inclus dans les grains phosphatés, quelle que soit la nature du ciment. Si bien qu'une gangue phosphatée, englobant des matériaux phosphatés extrêmement riches en microplankton, en est complètement dépourvue. Il s'ensuit que les grains de phosphate n'ont pas été engendrés *in situ*, ce que prouvent maintes observations.

BIOLOGIE MATHÉMATIQUE. — *Sur la moindre action vitale.* Note [2] de M. **Vito Volterra.**

On peut obtenir plus simplement et plus directement le résultat que nous avons donné dans une Note précédente [3] par la nouvelle voie que nous allons suivre. Le résultat sera même mieux précisé.

Changeons, dans

$$\chi = \sum_1^n {}_r \beta_r X'_r \log X'_r = \sum_1^n {}_r \beta_r N_r \log N_r,$$

X_r en $X_r + \Delta X_r = X_r + \xi_r$ et, par suite, X'_r en $X'_r + \xi'_r = N_r + \nu_r (\xi'_r = \nu_r)$. En supposant $\nu_r > -N_r$, alors $N_r \log N_r$ deviendra

$$(N_r + \nu_r)\log(N_r + \nu_r) = N_r \log N_r + \nu_r(\log N_r + 1) + N_r f\left(\frac{\nu_r}{N_r}\right)$$

en posant

$$f(x) = (1 + x)\log(1 + x) - x.$$

---

(1) L. Cayeux, *Mém. Soc. Géol. Nord*, 4, Mém. 2, 1897, p. 480.

(2) Séance du 10 août 1936.

(3) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 417.

Par suite $A = \int_0^t \chi\, dt$ deviendra

$$\int_0^t \chi\, dt + \int_0^t \sum_1^n {}_r \beta_r (\log N_r + 1)\xi'_r\, dt + \int_0^t \sum_1^n {}_r \beta_r N_r f\left(\frac{\nu_r}{N_r}\right) dt.$$

Si les ξ_r sont nulles aux limites o, t, il viendra

$$(6) \qquad \int_0^t \sum_1^n {}_r \beta_r (\log N_r + 1)\xi'_r\, dt = \int_0^t - \sum_1^n {}_r \beta_r \frac{N'_r}{N_r} \xi_r\, dt$$

et, si les équations

$$\sum_1^n {}_r \xi_r \left(\sum_1^n {}_s a_{sr} N_s + \varepsilon_r \beta_r \right) = 0$$

sont vérifiées, on verra, à cause des équations (1), que l'expression (6) est nulle. Par conséquent $A = \int_0^t \chi\, dt$ augmentera de

$$\int_0^t \sum_1^n {}_r \beta_r N_r f\left(\frac{\nu_r}{N_r}\right) dt,$$

quantité qui sera positive pour $\nu_r > - N_r$ et qui ne s'annulera que lorsque toutes les ν_r seront nulles.

En effet $df(x)/dx = \log(1 + x)$ et, par suite, $f(\nu_r/N_r)$ diminuera tandis que ν_r variera entre $- N_r$ et o, sera nulle o pour $\nu_r = 0$ et sera croissante pour les valeurs positives de ν_r.

On aura donc la proposition suivante, en tenant compte de ce que les populations ne peuvent pas être négatives :

Modifions de manière isochrone le passage naturel d'une association biologique d'un état à un autre, en variant les populations des différentes espèces. L'action vitale augmentera si les quantités de vie à l'instant initial et à l'instant final ne changent pas et si le travail virtuel d'accroissement est nul à chaque instant [1].

On trouve donc un minimum effectif de l'action vitale, ce qui constitue le principe de la moindre action en biologie.

---

[1] Cf. *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 420, § 5.

MINÉRALOGIE. — *Parenté des corps de la série sépiolite-attapulgite avec les silicates phylliteux du type mica.* Note de M. **Jacques de Lapparent.**

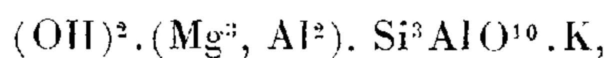
J'ai montré ([1]) comment les formules structurales des silicates réalisés dans la nature par les sépiolites et les attapulgites expliquent la fréquente structure fibreuse de ces corps.

D'un autre côté, MM. Henri Longchambon et Georges Migeon, ayant étudié les mêmes corps ([2]), leur attribuent une formule différente de celle que j'admets et qui répond également d'une structure fibreuse possible. L'assimilation est faite par ces auteurs de la structure des corps en question à la structure type des amphiboles, tandis que, pour ma part, j'en rapporte la structure à celle des micas, de la classe générale des minéraux phylliteux.

Je souligne que la différenciation des deux clivages faite par moi dans les sépiolites-attapulgites et l'interprétation cristallographique que j'en ai donnée n'est pas une vue de l'esprit, mais bien le résultat de l'observation. On voit nettement, lorsqu'on examine au microscope de petites fibres montées de sépiolite, qu'un des clivages est perpendiculaire au plan des axes optiques et à une bissectrice de ceux-ci, tandis que l'autre clivage découpe finement le premier dans le sens de l'allongement de la fibre et du plan des axes optiques; fait incompatible avec l'existence des deux clivages identiques que nécessiterait une structure d'amphibole. La dimension du cristal homogène est en outre trop petite dans le sens de l'épaisseur de la fibre pour qu'on puisse facilement, à l'aide des rayons X, réaliser autre chose qu'un radiogramme de fibres.

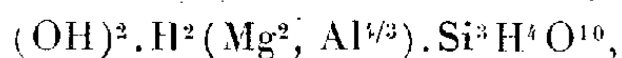
Ces raisons étant données, entre autres, de la légitimité de rattacher les sépiolites-attapulgites aux minéraux phylliteux, je veux indiquer maintenant comment ces corps se classent parmi les micas.

Considérant les micas de la série phlogopite-muscovite, on en écrira la formule



$$(OH)^2.(Mg^3, Al^2).\,Si^3AlO^{10}.K,$$

tandis que nous écrirons les sépiolites-attapulgites



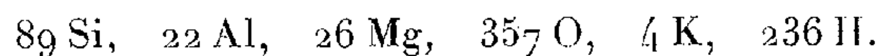
$$(OH)^2.H^2(Mg^2, Al^{4/3}).Si^3H^4O^{10},$$

([1]) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1728.

([2]) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 431.

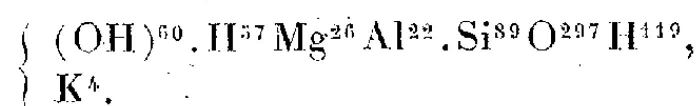
mais il est entendu que, pour ces dernières, dans le cas des attapulgites alumino-magnésiennes, une partie de l'hydrogène est remplacée par une très petite quantité d'alcalis (1).

L'attapulgite la plus pure que j'aie rencontrée, celle d'Attapulgus (Géorgie, U. S. A.), donne très exactement, d'après l'analyse,



$$89\,Si,\quad 22\,Al,\quad 26\,Mg,\quad 357\,O,\quad 4\,K,\quad 236\,H.$$

On en écrit la forme structurale

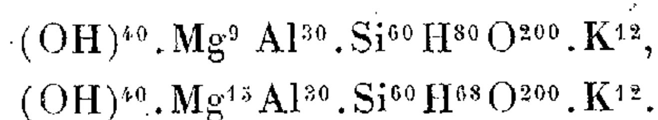


$$\left\{\begin{array}{l}(OH)^{60}.H^{57}Mg^{26}Al^{22}.Si^{89}O^{297}H^{119},\\ K^{4}.\end{array}\right.$$

La somme des valences électrostatiques du premier radical et du second, -4 et $+4$, établit une parfaite compensation.

Pour un mica, une formule en $(OH)^{60}$ nécessiterait K^{30}. Or on sait que, dans l'hypothèse structurale de M. Linus Pauling sur les micas, les ions alcalis jouent le rôle de *tenons* qui fixent l'un à l'autre les feuillets élémentaires superposés pour former l'édifice cristallin. La ténacité entre les feuillets est singulièrement diminuée dans les attapulgites et c'est pour cela que, les feuillets élémentaires pouvant glisser avec une facilité relative l'un contre l'autre, ces substances, qui sont d'autre part des silicates alumineux, ont *caractère d'argile*.

D'ailleurs il existe entre les micas et les attapulgites des intermédiaires tels que les glauconies, dont M. J. W. Gruner a parfaitement démontré qu'elles sont des phyllites du type mica (2) et qui, pour une formule en $(OH)^{60}$, donnent très généralement K^{18}; les ions K équilibrant soit un déficit de H, soit un déficit de Mg, dans le premier radical, ainsi qu'il résulte des deux formules suivantes qu'on peut tirer d'analyses chimiques :



$$(OH)^{40}.Mg^{9}Al^{30}.Si^{60}H^{80}O^{200}.K^{12},$$
$$(OH)^{40}.Mg^{15}Al^{30}.Si^{60}H^{68}O^{200}.K^{12}.$$

Les corps de type mica, phylliteux, forment donc une série de minéraux dont on pourrait imaginer qu'ils sont des sels plus ou moins basiques de l'acide orthosilicique $Si(OH)^{4}$, et dont l'un des termes alumineux, relativement acide et très peu alcalin, joue rôle d'argile.

Cependant, en synthétisant d'autre manière les faits révélés par les ana-

---

(1) *Comptes rendus*, **201**, 1935, p. 481.

(2) *The American Mineralogist*, **20**, 1935, p. 699.

lyses des minéraux phylliteux dont la structure est du type mica, on pourrait les classer en corps en Si^4O^{10} (pyrophyllite, talc), en Si^3AlO^{10} et $Si^2Al^2O^{10}$ (micas ordinaires et margarites), en $Si^3H^4O^{10}$ (attapulgites); mais, faisant ainsi, on excluerait la considération de dérivés d'un acide purement silicique.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Un phénomène de photoluminescence dans la haute atmosphère : l'excitation par la lumière solaire de la raie* 6300 Å *de l'oxygène.* Note [1] de MM. **Jean Cabannes** et **Hubert Garrigue.**

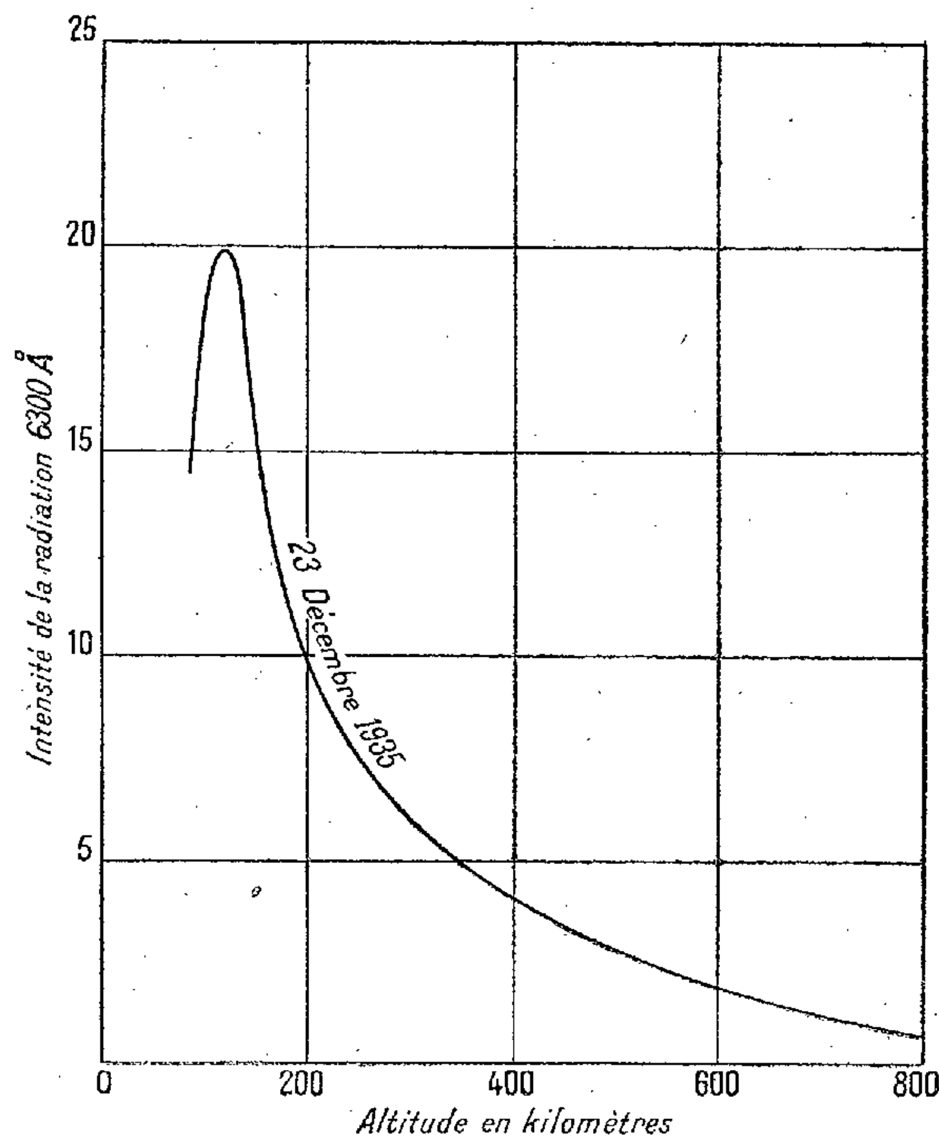
1. Les spectres du ciel nocturne obtenus et étudiés par l'un de nous [2] au Pic du Midi, en décembre 1935 et janvier 1936, montrent un affaiblissement progressif de la raie 6300 Å ($^1D \rightarrow {}^3P_2$) de OI pendant et après le crépuscule. Cet affaiblissement a été observé aussi à Montpellier au printemps 1936. Il met en évidence l'action de la lumière solaire. Sur le mécanisme de cette action, deux hypothèses sont possibles suivant que les couches luminescentes contiennent des atomes d'oxygène ou des molécules d'ozone. Dans le premier cas, la radiation 6300 nous apparaît dans le ciel comme une radiation de résonance comparable à celles qu'on obtient au laboratoire, avec cette différence que, dans le cas actuel, le niveau supérieur ^1D de l'atome OI est métastable. Dans le second cas, la radiation 2680 Å décomposerait la molécule O^3 en $O^2(^1\Sigma)$ et $O(^1D)$, décomposition qui exige un apport d'énergie équivalent à 4,60 électrons-volts. Cette radiation 2680 serait la limite des bandes intenses observées en 2723-2710 Å dans le spectre d'absorption de l'ozone.

2. De l'observatoire O nous avons pu mesurer, *pour différentes positions* S *du Soleil*, l'intensité I de la radiation 6300 en un point P arbitrairement choisi sur la voûte céleste. Il est facile d'en déduire l'intensité de la radiation dans les couches successives de la haute atmosphère *en déterminant chaque fois la limite inférieure* A *de l'ombre portée sur* OP *par la Terre.* La direction OS est définie par l'azimut et la dépression δ du Soleil; la direction OP, par l'angle α que fait l'azimut du point P avec celui du Soleil et par la hauteur ε du point P au-dessus de l'horizon.

---

(1) Séance du 24 août 1936.
(2) H. Garrigue, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1807.

Soit $R = 6370^{km}$ le rayon terrestre; $R + h$, la distance du point A au centre de la Terre, calculée à partir des données ε, α, δ. Supposons que l'intensité I varie de ΔI lorsque, par suite du mouvement apparent du



Soleil, h varie, par exemple de 25^{km}. L'intensité lumineuse de cette couche de 25^{km}, comptée suivant le rayon terrestre, est $\Delta I \cos\alpha$, avec

$$\sin\alpha = \frac{R}{R + h}\cos\varepsilon.$$

Nous avons négligé dans nos calculs la réfraction atmosphérique.

Lorsque ε et ρ/R sont petits ([1]), on peut, en première approximation, calculer h par la formule approchée

$$h = \frac{\rho^2}{2R}(1 + 2\varepsilon \cot\delta \cos\alpha),$$

([1]) Soit (E) la section du cylindre d'ombre, circonscrit à la terre, par l'horizon de l'observateur O : ρ est le rayon vecteur de l'ellipse (E) contenu dans le demi-plan vertical défini par la direction OP suivant laquelle on observe le ciel.

dans laquelle

$$\frac{\rho}{R} = \frac{\sin \delta}{1 + \cos \delta \cos \alpha}.$$

3. A titre d'exemple, voici le tableau des mesures faites le 23 décembre 1935, au sud-ouest, à 5° au-dessus de l'horizon; l'intensité y est évaluée avec une unité arbitraire.

Heure légale.....	$17^h 30^m$	$17^h 36^m$	$17^h 42^m$	$17^h 57^m$	$18^h 12^m$	$18^h 27^m$	$18^h 42^m$
Intensité........	57,5	69,5	54,5	53,5	35,0	28,0	18,5
Heure légale.....	$18^h 57^m$	$19^h 12^m$	$19^h 27^m$	$19^h 42^m$	$19^h 57^m$	$20^h 12^m$	$20^h 27^m$
Intensité........	17,0	15,0	11,0	9,5	8,5	6,5	6,5

Cette intensité est affectée de perturbations rapides; nous avons pu les négliger et construire une première courbe donnant, en fonction de la dépression δ du Soleil une intensité I régulièrement décroissante. Nous en avons tiré une seconde courbe, reproduite ici et qui fait connaître la luminescence ([1]) des couches successives de la haute atmosphère en fonction de l'altitude h, dans la soirée du 23 décembre 1935.

La luminescence observée serait maxima vers 115-120^{km}. Mais il faut encore tenir compte de la durée de vie des atomes métastables OI(^{1}D). En réalité l'émission n'a lieu que deux minutes, en moyenne, après l'excitation par la lumière solaire; au moment de l'excitation, la dépression du Soleil est inférieure de 30 minutes à la valeur δ que nous avons fait intervenir dans nos calculs, ce qui abaisse l'altitude du maximum vers 105-110^{km}.

4. Il était intéressant de chercher jusqu'à quelle altitude on peut observer l'émission par photoluminescence de la raie 6300. Sur la figure 1 nous suivons les couches luminescentes au delà de 800^{km}. Le 13 décembre, l'émission était environ deux fois plus intense, ce qui nous a permis de les mettre en évidence ce soir-là jusque vers 1000^{km}. Malheureusement les observations du 13 décembre n'avaient pas commencé assez tôt pendant le crépuscule pour la détermination du maximum.

5. Trois heures environ après la fin du crépuscule astronomique, l'intensité de la radiation 6300 cesse de décroître sans s'annuler. Elle se fixe à un dixième environ ([2]) de la valeur mesurée à la fin du crépuscule. Ce résidu observable toute la nuit a sensiblement la même intensité en tous les points

---

([1]) Nous avons pris comme ordonnée la quantité $10\,\Delta I \cos\alpha$ pour chaque couche de 25^{km}.

([2]) D'après les observations des 13 et 23 décembre 1935.

de l'horizon et une intensité de 2 à 5 fois plus faible au zénith. Il ne paraît pas possible de l'expliquer par l'action de la lumière solaire : c'est, dans les mêmes couches de la haute atmosphère, un phénomène d'origine différente.

CORRESPONDANCE.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur la théorie du mouvement plan d'un liquide visqueux.* Note [1] de M. **N. A. Slioskine**, transmise par M. Henri Villat.

Le mouvement stationnaire à deux dimensions d'un liquide visqueux incompressible vérifie une équation biharmonique pour une fonction de courant

$$\Delta\Delta\Psi = 0 \tag{1}$$

si l'on néglige des termes d'inertie.

Il est bien connu que la solution de l'équation (1) est impossible pour un mouvement uniforme d'un cylindre à une section arbitraire dans un liquide illimité (paradoxe de Stokes).

Il est aisé de montrer qu'il est aussi impossible de résoudre l'équation (1) dans le cas de mouvement simultané de plusieurs contours ayant une même vitesse dans un liquide illimité. Mais la solution en est possible dans le cas de translation d'un contour dans un domaine limité, par exemple, entre deux parois [2] parallèles dans un domaine limité par un contour fermé [3].

Conformément aux idées de M. H. Villat on peut montrer que le problème proposé pour un domaine doublement connexe se ramène à un système de quatre équations intégrales linéaires à noyaux singuliers mais admettant la régularisation.

Représentons la fonction de courant sous la forme

$$2\psi \equiv \bar{z}\varphi(z) + z\overline{\varphi(z)} + \chi(z) + \overline{\chi(z)}. \tag{2}$$

(1) Séance du 10 août 1936.

(2) *Proc. Roy. Soc.*, 16, 1922, p. 337.

(3) *Phil. Trans. Lond.*, 225, 1926, p. 401.

Alors on peut obtenir pour la vitesse, la pression, le tourbillon et la résistance du contour (dans le cas d'un mouvement progressif),

$$(3)\qquad u+iv=i\left[\varphi(z)+z\overline{\varphi'(z)}+\overline{\chi'(z)}\right],$$

$$(4)\qquad p=p_0-2\mu i\left[\varphi'(z)-\overline{\varphi'(z)}\right],$$

$$\Omega=\varphi'(z)+\overline{\varphi'(z)},$$

$$(5)\qquad P_x+iP_y=\psi\mu\int_\gamma d\left[\varphi(z)\right].$$

Soit

$$(6)\qquad Z=\omega(\zeta)$$

une fonction représentant un anneau de rayon extérieur égal à 1 et de rayon intérieur q sur le domaine doublement connexe considéré. Alors les conditions limites seront de la forme

$$(7)\qquad \begin{cases} \varphi(e^{i\varepsilon})+\dfrac{\omega(e^{i\varepsilon})}{\omega'(e^{i\varepsilon})}\overline{\varphi'(e^{i\varepsilon})}+\overline{\chi'(e^{i\varepsilon})}=0,\\ \varphi(qe^{i\varepsilon})+\dfrac{\omega(qe^{i\varepsilon})}{\omega'(qe^{i\varepsilon})}\overline{\varphi'(qe^{i\varepsilon})}+\overline{\chi'(qe^{i\varepsilon})}=-iU_0, \end{cases}$$

U_0 étant la vitesse de translation du contour. A l'intérieur de l'anneau, nous avons, pour les fonctions $\varphi(\zeta)$ et $\chi'(\zeta)$,

$$(8)\qquad \begin{cases} \varphi(\zeta)=(\alpha+i\beta)\log\zeta+\displaystyle\sum_{-\infty}^{+\infty}(\alpha_n+i\alpha'_n)\zeta^n,\\ \chi'(\zeta)=(\alpha-i\beta)\log\zeta+\displaystyle\sum_{-\infty}^{+\infty}(\beta_n+i\beta'_n)\zeta^n. \end{cases}$$

Désignons respectivement par $\varphi_1(\varepsilon)$, $\varphi_2(\varepsilon)$, $\varphi_3(\varepsilon)$, $\varphi_4(\varepsilon)$ les valeurs des termes réels des fonctions $\varphi'(\zeta)$ et $\chi'(\zeta)-(\alpha+i\beta)\log\zeta$ sur les circonférences extérieure et intérieure. En nous servant des relations de Dini-Villat exprimons les valeurs des termes imaginaires de ces mêmes fonctions au moyen de φ_1, φ_2, φ_3, φ_4. Exprimons aussi la $\varphi(\zeta)$ aux frontières au moyen de $\varphi_1(\varepsilon)$, $\varphi_2(\varepsilon)$, $\varphi_3(\varepsilon)$, $\varphi_4(\varepsilon)$ sous forme d'une expression intégrale. Alors séparant les termes réels et imaginaires dans les relations (7) et résolvant le système obtenu par rapport à φ_m, nous aurons le système d'équations intégrales

$$(9)\qquad A(\varepsilon)\varphi_m(\varepsilon)+\frac{1}{\pi}\int_0^{2\pi}\sum_{k=1}^{4}H_{mk}(\sigma,\varepsilon)\varphi_k(\sigma)\,d\sigma=C_m(\varepsilon)\qquad (m=1,2,3,4),$$

où les noyaux sont de la forme

$$H_{mk}(\sigma, \varepsilon) = C_{mk}(\varepsilon) \operatorname{cotang} \frac{\sigma - \varepsilon}{2} + A_{mk}(\sigma, \varepsilon). \tag{10}$$

Les fonctions $A_{mk}(\sigma, \varepsilon)$ n'ont pas de singularités.

La méthode de réduction de l'équation intégrale singulière à une équation régulière, proposée par Noether ([1]), peut s'étendre au système d'équations intégrales singulières que nous considérons ici. Pour cela introduisons un nouveau système de noyaux

$$H^{\star}_{mk}(\sigma, \varepsilon) = -C_{mk}(\varepsilon) \operatorname{cotang} \frac{\sigma - \varepsilon}{2} - A^{\star}_{mk}(\sigma, \varepsilon) \tag{11}$$

du nouveau système d'opérateurs

$$L^{\star}_{mk}(\omega_m) \equiv A(\varepsilon)\omega_m(\varepsilon) + \frac{1}{\pi}\sum_{k=1}^{4}\int_0^{2\pi} H^{\star}_{mk}(\sigma, \varepsilon)\omega_k(\sigma)\, d\sigma. \tag{12}$$

Substituant dans (12) à ω_m le premier et le second membre de l'équation (9), nous obtenons, après quelques transformations, un système d'équations intégrales à noyaux réguliers, dont on trouvera le détail dans le Mémoire détaillé.

AÉRODYNAMIQUE EXPÉRIMENTALE. — *Ailes d'avion : influence de la forme du bout de l'aile sur les phénomènes marginaux.* Note ([2]) de M. **Jacques Valensi**, transmise par M. Henri Villat.

Afin de mettre en évidence l'influence de la forme du bout d'une aile sur la forme et l'intensité du tourbillon marginal nous avons effectué des mesures dans les conditions suivantes ([3]).

A partir de tronçons d'ailes rectangulaires à profil constant, de longueur de corde 132^{mm}, nous constituons à l'aide de bouts différents, des ailes dont la forme en plan dans la partie terminale est variable. La surface des bouts est calculée de telle sorte que l'allongement des tronçons d'aile soit constant.

Nous avons effectué nos essais pour 3 profils différents : un profil biconvexe, un à double courbure, un mince à grande courbure Göttingen 442,

---

([1]) *Math. Ann.*, **94**, 1920, p. 306.
([2]) Séance du 18 août 1936.
([3]) *Comptes rendus*, **201**, 1935, p. 140; **202**, 1936, p. 113.

et en général pour 3 bouts à contour différent : rectangulaire, circulaire, elliptique.

Les résultats suivants concernent les ailes *Göttingen;* ils sont d'ailleurs absolument généraux.

Forme de la ligne moyenne du tourbillon marginal. — L'origine du noyau se trouve toujours à l'extrémité même de l'aile pour le bout circulaire et le

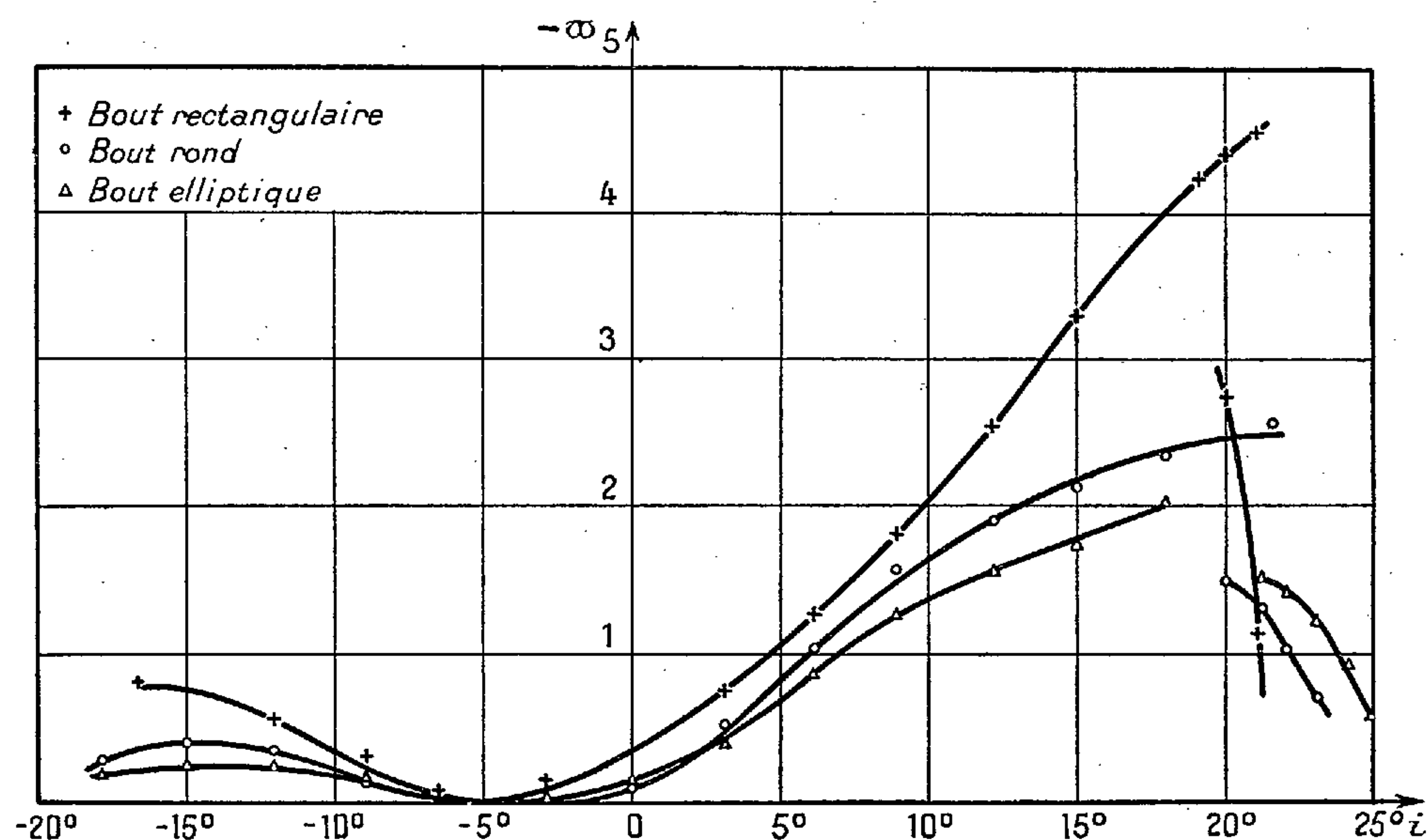


Fig. 1.

bout elliptique, sur l'axe de l'aile et sur le bord extrême pour le bout rectangulaire.

En élévation la ligne moyenne du tourbillon est rectiligne, son inclinaison sur la direction du vent varie entre $+5^{\circ}$ et -5° au maximum quand l'incidence passe de $+20^{\circ}$ à -15°; la loi de variation dépend peu de la forme du bout.

En plan la forme de la ligne moyenne est également peu affectée par la forme du bout; le noyau après son origine s'incurve en se rapprochant du plan médian de l'aile, puis devient rectiligne et parallèle au courant d'air.

Diamètre du noyau. — Le diamètre d_1 est fonction de la forme du bout, de la distance à l'origine et de l'incidence de l'aile.

Variation de la pression p dans l'axe du noyau. — La figure 1 montre les variations de $-\varpi_s$ en fonction de l'incidence pour différents bouts. L'influence du bout est très marquée.

Au voisinage de l'angle du maximum de portance il y a coexistence de deux régimes d'écoulement à chacun desquels correspond une valeur différente de $-\varpi_s$. Les mesures ont été faites à 140^{mm} de l'origine du tourbillon.

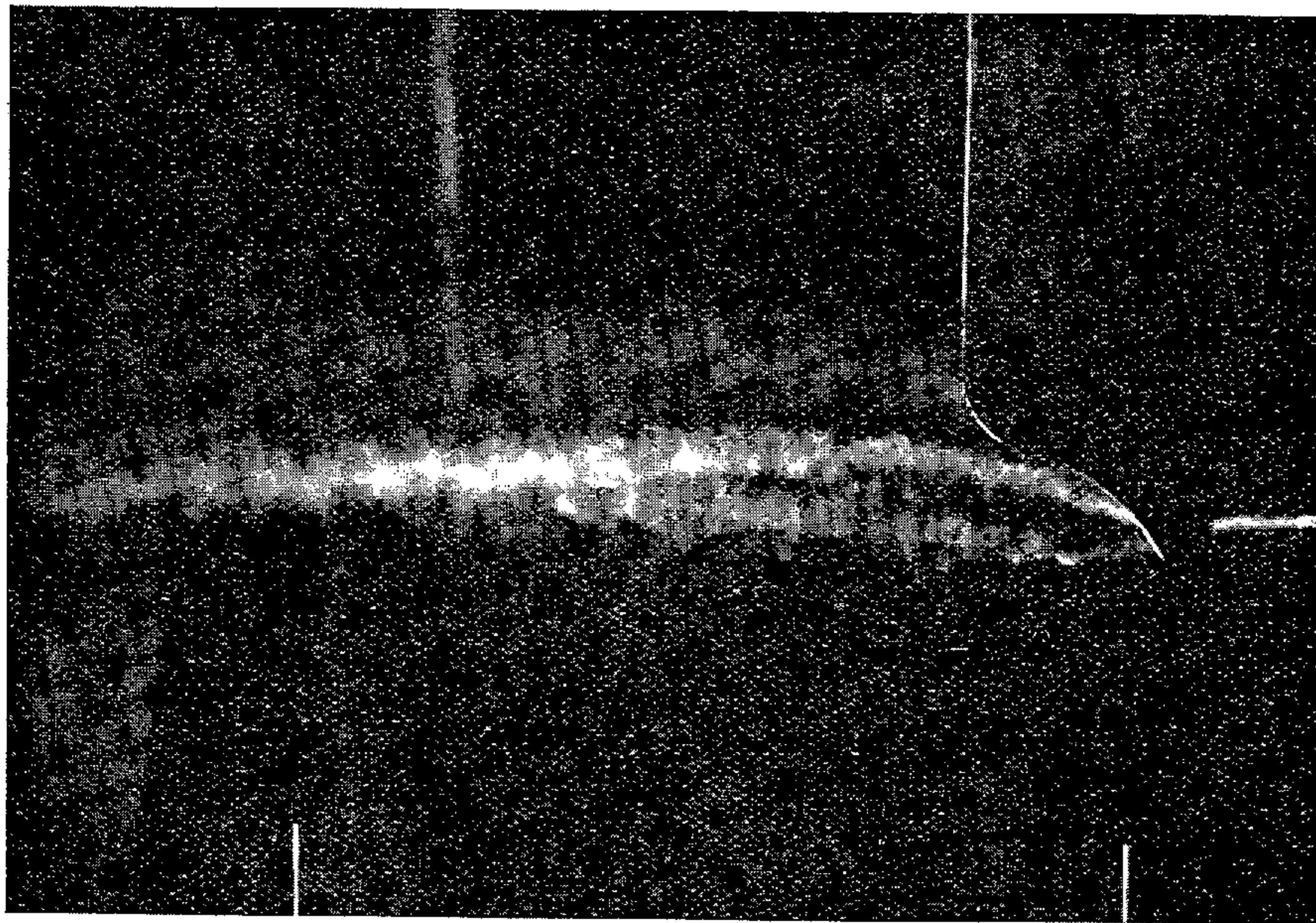


Fig. 2.

Dans le tableau de résultats ci-dessous, nous donnons d_1 ainsi que la valeur du produit $(d_1^{mm}/10)\sqrt{-\varpi_s}$, proportionnel à la circulation autour de la section du noyau où ont été effectuées les mesures.

Ces valeurs sont très différentes selon le bout; les différences sont encore importantes à 4 cordes de l'origine du tourbillon, soit à la limite de notre champ d'expérience.

Nature du bout.	i.	21°.	20°.	19°.	18°.	15°.	12°.	9°.	6°.
Rectangulaire.	d_1^{mm}	–	8,6	9,7	10,1	10,6	10,1	8,8	6,5
»	$\frac{d_1}{10}\sqrt{-\varpi_s}$	–	1,8	2	2,01	1,97	1,61	1,19	0,715
Circulaire....	d_1^{mm}	9,3	9,9	9,5	9,3	8,6	6,9	5	4,1
»	$\frac{d_1}{10}\sqrt{-\varpi_s}$	1,47	1,54	–	1,41	1,24	0,945	0,635	0,415
Elliptique....	d_1^{mm}	9	9,8	9,2	8,8	7,7	5,9	4,4	2,8
»	$\frac{d_1}{10}\sqrt{-\varpi_s}$	1,10	–	–	1,26	1,02	0,73	0,50	0,27

D'autres formes de contours nous ont donné des variations encore plus accentuées. Avec le bout dont le contour est visible dans la figure 2 (le courant d'air va de droite à gauche) on constate l'existence de deux tourbillons marginaux, au moins : l'un s'échappe de l'extrémité même de l'aile et l'autre, de bien moindre intensité, s'échappe approximativement du point d'inflexion et progresse vers l'aval en s'enroulant autour du tourbillon principal selon une hélice de grand pas.

Remarquons enfin que la mesure de l'angle des vitesses de l'air sur l'intrados et l'extrados, le long du bord de fuite de l'aile, mesure qu'il est très aisé de faire par la méthode des fumées, permet, combinée à la mesure de la circulation autour du tourbillon marginal, de déterminer expérimentalement la répartition de la circulation autour d'une aile.

L'intérêt de cette méthode, particulièrement expéditive, n'échappera pas aux constructeurs d'avions.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la mise en liberté d'une huile jaune dans les mélanges de goudron et de bitume.* Note [1] de M. **Robert Lacau**, présentée par M. Georges Charpy. (Extrait.)

Il a été signalé par M. Duriez [2] que des exsudations d'une huile jaune avaient eu lieu sur des routes recouvertes d'un mélange de goudron et de bitume.

M. André Léauté [3] a observé la formation d'huile jaune dans l'ascension capillaire des goudrons dans des tubes de $0^{mm},5$ de diamètre; à la température de 60°C. une couche d'huile jaune se forme par à-coups au sommet de la colonne de goudron et peut, après 72 heures, atteindre 20 pour 100 de la hauteur de cette dernière. Le même fait n'avait pas été constaté sur des bitumes de pétrole.

J'ai pu déceler la formation d'huile jaune dans des mélanges de goudron et de bitume de pétrole, dans d'autres conditions expérimentales. Je l'ai observée en étudiant au microscope la constitution d'un goudron de houille dans lequel du bitume de pétrole était progressivement ajouté. Le mélange,

---

(1) Séance du 16 mars 1936.

(2) *Revue générale des routes* (*Compte rendu de la Semaine de la route*, juin 1934, p. 198).

(3) *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 556.

après une décantation plus ou moins prolongée était étalé en couche mince sur le porte-objet, et photographié au grossissement 500.

On peut déduire de ces expériences que l'huile jaune a une densité égale ou supérieure à 1080, et est donc un constituant, non du bitume mais du goudron de houille, dont l'équilibre colloïdal, rompu par les forces capillaires dans les expériences de M. Léauté, le serait ici par la présence du bitume, quand ce dernier atteint une teneur suffisante.

GÉOLOGIE. — *Sur l'extension des terrains antédévoniens au milieu de la série éruptive de Beja (Portugal).* Note [1] de M. G. **Zbyszewski**.

Des explorations récentes au sud-est de Beja m'ont permis de retrouver et de préciser l'extension des formations antédévoniennes, dont l'existence avait été signalée par J. F. Néry Delgado [2] sous le nom d'Archéen. Ce savant n'avait fait que mentionner la présence dans la région de plusieurs lambeaux de ce terrain, qui ne pouvaient être, en raison de leur exiguïté, reportés sur la carte géologique du Portugal au 1500000e.

Je n'ai pu reconnaître en réalité qu'un seul lambeau, coupé de nombreuses failles et traversé, en bien des points, de roches éruptives diverses, notamment de gabbros. L'affleurement étudié se montre comme étant plus étendu que ne le pensait J. E. Néry Delgado et atteint sensiblement les mêmes dimensions que l'affleurement de São-Brissos, situé au nord-ouest de Beja. Il s'étend depuis la route de Beja à Carocha, au Nord-Ouest, jusqu'au méridien de Salvada, à l'Est. Il est constitué, tout près de Beja, par des quartzites métamorphiques, que l'on observe notamment dans une carrière exploitée sur les pentes nord de la colline de Carmo Velho, et qui sont traversés par des filons de pegmatite. Sur le chemin de São-Pedro à la ferme de Pelingresa, on voit succéder à ces quartzites une série alternante d'amphibolites et de schistes micacés, plus ou moins décomposés, traversés de filons, et avec zones mylonitiques. Vers le Sud-Est, on retrouve quelques quartzites près de Gafate, à l'ouest de la voie ferrée, et surtout des amphibolites.

L'orientation générale de ces formations, relevées à la verticale,

---

(1) Séance du 16 mars 1936.

(2) *Comunicaçoès dos Serviços Geológicos de Portugal*, 2, 1891, II, p. 216-231, et 6, 1905, p. 56-122.

est Nord 20° Est. Elles sont entourées, de tous côtés, par des roches de la série éruptive de Beja et hachées de failles, qui très souvent font apparaître des affleurements de gabbros.

Les principaux accidents ont une orientation générale NW-SE et jouent le rôle de lignes directrices dans le développement du réseau hydrographique. J'en ai suivi plusieurs, au sud-est de Beja, qui se continuent vers Quintos, pour aboutir à la vallée du Guadiana. Il est même probable que le coude du Guadiana, à l'est de Serpa, est dû au passage de l'un de ces accidents. Un deuxième système de failles, moins important, est presque orthogonal par rapport au premier. Son orientation générale est N 20° à 30° E et passe parfois à une direction N-S.

Il est à noter que ce lambeau antédévonien se trouve avoir la même orientation que celui de São-Brissos et qu'il est situé dans son prolongement vers le Sud-Est. Ces deux lambeaux antédévoniens semblent donc jouer le rôle d'un axe anticlinal par rapport à la bande synclinale dévonienne de Louredo, qui passe au sud de Beja et dont l'autre flanc serait constitué par l'axe anticlinal antédévonien de Santa Victoria-Agua Negra. Toutefois l'orientation même des schistes antédévoniens, très différente de celle des couches dévoniennes du synclinal de Louredo, paraît indiquer la superposition de deux tectoniques, l'une d'âge antédévonien, l'autre hercynienne.

Ces terrains antédévoniens, qui appartiennent au massif ancien de la Meseta, ont été classés par J. F. Néry Delgado (*loc. cit.*) dans l'Archéen. Des observations plus récentes, faites par le Service Géologique portugais ont montré, en d'autres points, que l'étude de ces terrains devait être reprise. Il est donc préférable de parler pour l'instant, non pas d'Archéen, mais d'Antédévonien.

GÉOLOGIE. — *Premiers résultats d'une exploration géologique du Grand Désert Iranien.* Note de M. **Raymond Furon**, présentée par M. Lucien Cayeux.

Le Grand Désert Salé (Decht-i-Kévir et Kévir-i-Lout) qui occupe tout le centre de la Perse est peu connu au point de vue géographique et inconnu au point de vue géologique. En juin-juillet 1936, je l'ai traversé et étudié, du SW au NE, entre Yezd et Meched, deux villes séparées par les mille kilomètres du désert.

Aux environs même de Yezd, la piste s'engage dans un désert de sable souvent recouvert d'une croûte de sel et de gypse provenant du lessivage des marnes salifères de l'Oligo-miocène. Au km. 57, on arrive à de hautes collines rocheuses orientées NW-SE, parallèlement aux chaînes du Zagros. On les traverse jusqu'au caravansérail de Karkhouné (km. 85): ce sont des grès grossiers liasiques contenant quelques lits de charbon et recouverts de roches volcaniques oligocènes. 60^{km} plus au NE, un petit massif émerge des sables; il est constitué par de l'oligo-miocène: roches volcaniques, grès roses micacés et marnes gypsifères. Au km. 224, à la cote 1020, 6^{km} après le caravansérail de Poucht-i-Badam, un petit affleurement de gneiss et d'amphibolites domine la cuvette du Kévir dont les boues blanches de sel s'étalent à moins de 700^{m} d'altitude. Au km. 276, la cuvette est franchie et les dunes s'appuient sur une chaîne NNW-SSE et N-S, constituée par des grès liasiques à charbon.

Au km. 319, après le caravansérail de Robat-i-Khan, on rencontre des calcaires inférieurs au Lias. Au km. 326, près de la source de Hadji Asad, à la cote 1240, les grès liasiques recouvrent des calcaires noirs à Fusulines. Au km. 425, l'importante oasis de Tabass s'étend au milieu du reg et des dunes. Entre Tabass et Toun, le désert est interrompu par une chaîne N-S, non portée sur les cartes: Kouh-i-Choutouran au Nord et Môh Kouh au Sud. Dans le col qui franchit ce relief (km. 480-485), j'ai observé la série suivante, de la base au sommet: quartzites très durs (Dévonien ?), calcaires carbonifères à *Fenestella*, calcaires noirs à *Fusulinidés*, calcaires dolomitiques à Crinoïdes, grès et quartzites du Lias.

De Dobuk (km. 505) à Toun (km. 612), Badjistan (km. 675) et au delà, des collines de grès rose et de roches volcaniques oligocènes émergent des sables. A partir du km. 680, un affleurement de granite est visible sur 4 km. Au nord de Tourbat-i-Haidari, au km. 876, j'ai recueilli des calcaires à Nummulites au-dessous des tufs oligocènes dont la série monotone se continue jusqu'aux environs de la mine de sel (Néogène) de Kafir Kala (km. 946).

Plus au Nord, près de Haoz-i-Hadji Mehdi, un conglomérat à galets de quartz et des grès schisteux contiennent des lentilles de charbon et des végétaux liasiques. Au km. 984, on arrive à des montagnes de schistes, de quartzites et de gneiss qui dominent la vallée de Meched.

De ces premières indications sur la géologie du désert central de l'Iran, je soulignerai les données suivantes:

1° le sel et le gypse qui recouvrent partiellement les terrains récents de

la cuvette centrale (680^m) proviennent du lessivage des grès et marnes salifères de l'Oligo-miocène qui est abondamment représenté;

2° les terrains découverts comportent le Précambrien, le Dévonien, l'Anthracolithique à Fusulines, complètement inconnu dans la Perse centrale, le Lias à végétaux et le Nummulitique fossilifère;

3° la présence de ces terrains dans l'Iran central, leur localisation et leurs plissements sont de nature à modifier les vues antérieures sur la structure du Plateau Iranien.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur la répartition topographique de substances fonctionnant comme les auxines végétales, chez le jeune têtard de* Discoglossus pictus *Otth.* Note (¹) de MM. **Maurice Rose** et **Henri Berrier**, présentée par M. Maurice Caullery.

Nous avons montré (²) que, au cours du développement de *Discoglossus pictus* Otth., apparaissent brusquement, à un certain stade, des substances qui fonctionnent comme les auxines végétales; que ces substances persistent dans la larve éclose et qu'elles y sont réparties irrégulièrement.

Afin de préciser cette localisation hétérogène, nous avons recherché si la teneur en substances comparables aux auxines variait suivant les différentes parties du corps dans l'organisme du jeune têtard. La méthode employée ici est celle que nous avons adoptée lors de nos recherches précédentes pour déceler ces substances.

Notre travail a porté : 1° sur l'embryon prêt à éclore; 2° sur le têtard venant de naître; 3° enfin sur le têtard âgé de 8 à 10 jours.

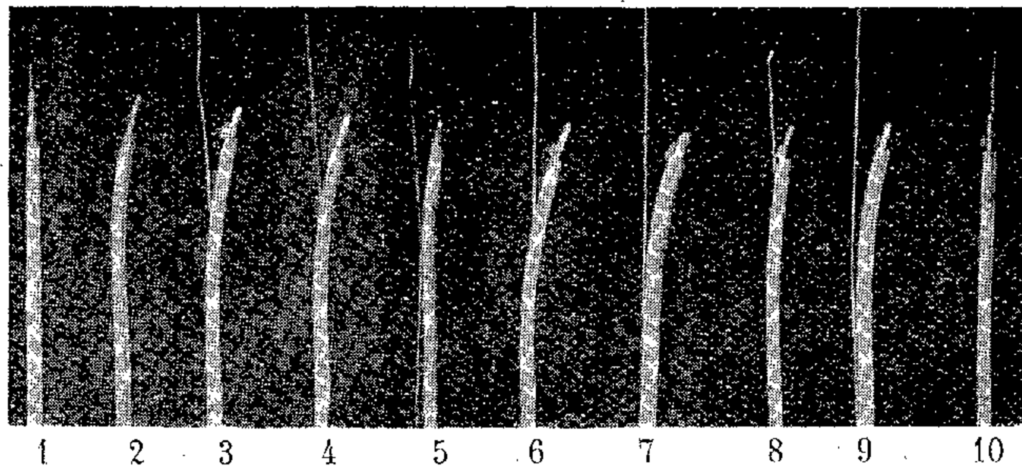
1° Des embryons, encore enfermés dans leur chorion, sont coupés en deux, quelques jours avant l'éclosion. Les parties caudales d'une part, les tronçons antérieurs d'autre part, sont broyés séparément. Les substances actives de ces deux purées sont recueillies par diffusion dans des blocs d'agar. Ces derniers sont portés sur le côté des coléoptiles réactifs. Les courbures obtenues sont identiques : les deux purées paraissent donc aussi riches l'une que l'autre, en substances fonctionnant comme les auxines végétales.

(¹) Séance du 15 juillet 1936.

(²) *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 357.

2° De jeunes têtards sont préparés de la même façon, 10 à 12 jours après leur éclosion. Cette fois les courbures des coléoptiles sont différentes et elles montrent nettement que la région caudale est moins riche en substances que la région céphalique et viscérale.

3° Enfin des têtards de 8 à 10 jours sont sectionnés en quatre segments :



1. Coléoptile témoin ayant reçu un cube d'agar pur. — 2. Coléoptile témoin ayant reçu un cube d'agar imprégné d'urine diluée. — 3. Coléoptile ayant reçu un cube d'agar imprégné d'une purée faite avec les parties caudales d'embryons à un stade précédent de peu l'éclosion. — 4. Coléoptile ayant reçu un cube d'agar imprégné d'une purée faite avec les tronçons antérieurs des mêmes embryons que ci-dessus. — 5. Coléoptile ayant reçu un cube d'agar imprégné d'une purée faite avec les parties caudales de têtards éclos depuis une dizaine d'heures. — 6. Coléoptile ayant reçu un cube d'agar imprégné d'une purée faite avec les tronçons antérieurs des têtards précédents. — 7. Coléoptile ayant reçu un cube d'agar imprégné d'une purée faite avec des têtes de têtards âgés de 10 jours. — 8. Coléoptile ayant reçu un cube d'agar imprégné d'une purée faite avec les troncs éviscérés des têtards précédents. — 9. Coléoptile ayant reçu un cube d'agar imprégné d'une purée faite avec les viscères des mêmes têtards. — 10. Coléoptile ayant reçu un cube d'agar imprégné d'une purée faite avec les queues des mêmes têtards.

a, la tête; *b*, le tronc sans les viscères; *c*, les viscères; *d*, la queue en arrière de l'anus.

Les expériences indiquent que les substances comparables aux auxines végétales sont :

a, abondantes dans la tête; la courbure de la coléoptile est très marquée;

b, en quantité encore appréciable, mais bien moins grande dans le tronc éviscéré;

c, aussi abondantes dans les viscères que dans la tête;

d, absentes dans la région caudale.

Les photographies ci-dessus rendent compte des résultats obtenus.

Tous nos essais ont été contrôlés à l'aide de deux témoins, l'un recevant un cube d'agar pur, l'autre un cube d'agar imprégné d'urine diluée. On sait en effet que ce liquide est très riche en auxines et qu'il les possède d'une façon constante.

De ces expériences, il résulte :

1° que les substances qui fonctionnent comme les auxines végétales ont une répartition homogène dans l'embryon non éclos;

2° que leur répartition devient hétérogène chez le têtard qui vient de naître;

3° que dans le têtard âgé de quelques jours, elles semblent se localiser presque uniquement dans la tête et dans les viscères.

IMMUNOLOGIE. — *Action neutralisante,* in vitro, *des sénévols sur la toxine tétanique.* Note [1] de M. **Léon Velluz**, présentée par M. Hyacinthe Vincent.

J'ai fait connaître [2] que la toxine tétanique, mise en contact avec une solution saturée de sulfure de carbone, est inactivée après un délai suffisant à la température ordinaire, ou mieux à 38°. D'autre part la toxine ainsi traitée conserve un remarquable pouvoir antigène. Ce thio-vaccin détermine, en effet, chez le cobaye ou le lapin, une immunité précoce et puissante contre le tétanos.

En répétant ces essais avec un certain nombre de corps sulfurés [3], j'ai observé que deux sénévols, les isosulfocyanates de phényle et d'allyle, possèdent des propriétés qui les rattachent, de même que le sulfure de carbone, au groupe des agents cryptotoxiques de H. Vincent. Cette nouvelle constatation me permet de préciser, dans cette Note, le mécanisme général du phénomène.

I. Soit une toxine tétanique mortelle au 1/1000 de centimètre cube, pour le cobaye. Si on l'additionne d'une certaine quantité de phénylsénévol (Éb. 103° sous 20^{mm}), on peut injecter en une fois sans dommage, au cobaye de 400^{g}, une quantité correspondant à 2000 doses mortelles de la toxine

---

[1] Séance du 24 août 1936.

[2] *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 471.

[3] J'ai étudié, au même point de vue, plusieurs composés présentant le groupement CS =. Parmi ceux qui ont manifesté des propriétés neutralisantes non douteuses, quoique beaucoup plus faibles que celles du sulfure de carbone, je citerai le sulfocyanate d'ammonium, la xanthogénamine, la thiosinamine. Le xanthogénate de potassium mérite, à cet égard, une mention plus spéciale. Mille doses mortelles de toxine tétanique sont inhibées, en effet, par 1^{mg} de ce sel, après quatre jours de contact à 38° ($pH \neq 6$). Le mélange atoxique reste fortement immunigène.

primitive. On peut sans inconvénient renouveler les injections à doses progressivement croissantes. Sous l'influence du corps sulfuré, la toxicité a donc entièrement disparu.

Le phénylsénévol est très peu soluble dans l'eau : le titre de sa solution saturée est inappréciable. C'est à dose infime, par conséquent, qu'il inactive la toxine tétanique. Le mélange de 5^{cm^3} de celle-ci et de deux gouttes de phénylsénévol, porté à 38° et fréquemment agité, devient neutre en 48 heures.

Mise en contact avec l'isosulfocyanate d'allyle (Éb. 149°), la même toxine perd, comme dans le cas précédent, tout pouvoir nocif. Ce sénévol est sensiblement plus soluble que le précédent : sa solution saturée titre environ 1,25 pour 1000. Le mélange de 2^{cm^3} de cette solution (soit $2^{mg},5$ de sénévol) et de 1^{cm^3} de toxine, inclus en tube scellé, devient atoxique en deux jours à 38°.

II. Unie aux sénévols, la toxine tétanique conserve, comme dans sa combinaison avec le sulfure de carbone, un pouvoir antigène très marqué. Je l'ai vérifié, sur le cobaye, par différents essais d'immunisation. En particulier, sur un lot de dix animaux, d'un poids moyen de 400^{g}, trois injections correspondant chacune à 2^{cm^3} de toxine ont été pratiquées à deux semaines d'intervalle. Les expériences ont été conduites parallèlement sur les deux sénévols indiqués. Quinze jours après la dernière inoculation, les animaux supportent d'emblée plus de 4000 doses mortelles de toxine pure. Préalablement à cette épreuve, 1^{cm^3} de leur sérum neutralise au minimum 2000 doses mortelles de cette même toxine.

En conséquence, 1° les injections de mélanges de toxine tétanique et de sénévols, préparés dans les conditions indiquées ci-dessus, sont inoffensives; 2° elles déterminent, à des doses assez restreintes, une immunité antitoxique intense.

III. Deux faits méritent dès lors d'être rapprochés. Selon les recherches précédentes le sulfure de carbone et les sénévols possèdent des propriétés antitoxiques tout à fait comparables. Du point de vue chimique, ils présentent l'aptitude commune et classique de former des thiourées à partir des amines.

Ce parallélisme conduit à la conclusion que les corps sulfurés mis en œuvre inactivent la toxine tétanique par une réaction chimique bien définie : blocage de certains groupes aminés et formation correspondante d'urées sulfurées. Aucun exemple de ce genre n'avait été signalé jusqu'ici.

Dans la conception qui précède, la toxicité du poison tétanique est, à l'exclusion du pouvoir antigène, sous la dépendance essentielle de quelques fonctions basiques. Tel n'est pas le cas, sans doute, de la toxine diphtérique sur laquelle les corps étudiés ici sont sans influence appréciable.

PHYSIOLOGIE PATHOLOGIQUE. — *Variations de la chronaxie vestibulaire dans l'hémiplégie avec ou sans aphasie.* Note de M. **Georges Bourguignon** et Mlle **Renée Déjean**, transmise par M. Arsène d'Arsonval.

L'un de nous a montré que, d'une manière générale, la chronaxie vestibulaire est en relation avec le fonctionnement cérébral [1]. C'est ce qui nous a incités à rechercher quelle influence pouvaient avoir sur cette chronaxie les lésions cérébrales de l'hémiplégie avec et sans aphasie.

Nous avons étudié 13 sujets, dont 3 atteints d'*hémiplégie gauche* et 10 d'*hémiplégie droite avec aphasie*, soit actuelle, soit améliorée ou guérie.

Les chronaxies vestibulaires ont été mesurées séparément pour chaque côté par la méthode mono-auriculaire [2].

Cette étude nous a donné les résultats caractéristiques suivants :

1° Dans l'hémiplégie gauche, les chronaxies vestibulaires sont augmentées également des deux côtés.

2° Dans l'hémiplégie droite avec aphasie, les variations sont toujours plus importantes que dans l'hémiplégie gauche.

3° Dans l'hémiplégie droite avec aphasie, les variations diffèrent suivant l'état de l'aphasie :

a. Dans l'hémiplégie droite avec aphasie actuelle (3 cas), les chronaxies vestibulaires sont augmentées à gauche et *diminuées à droite*.

b. Dans l'hémiplégie droite avec aphasie améliorée (3 cas), les chronaxies vestibulaires sont augmentées des deux côtés, mais *plus grandes à droite* qu'à gauche, contrairement à l'aphasie actuelle.

c. Dans l'hémiplégie droite avec aphasie guérie, mais avec quelques

---

(1) G. Bourguignon, *Comptes rendus*, **183**, 1931, p. 250. *Congrès des Médecins aliénistes et neurologistes de France et des pays de langue française*. Bruxelles, 22-27 juillet 1935 : Comptes rendus, 39e Congrès, p. 240. H. Claude, G. Bourguignon et H. Baruk, *Annales médico-psychologiques*, 90e année, **2**, V, 1932, p. 641.

(2) G. Bourguignon, *Soc. de Biologie*, **116**, 1934, p. 1289.

troubles de l'intelligence ou de la mémoire, les chronaxies vestibulaires sont encore inégales des deux côtés, mais tantôt elles sont *plus grandes à droite* (2 cas) et tantôt *plus grandes à gauche* (1 cas). Il est impossible actuellement de préciser dans quelles conditions se produit l'une ou l'autre manifestation.

d. Dans l'hémiplégie droite avec aphasie complètement guérie sans aucun trouble de l'intelligence ou de la mémoire (1 cas), les chronaxies vestibulaires sont augmentées des deux côtés, mais *égales comme dans l'hémiplégie gauche.*

4° Le rapport des deux chronaxies d'un même côté reste normal des deux côtés dans l'hémiplégie gauche, tandis qu'il augmente, mais du côté droit seulement, dans l'hémiplégie droite.

Voici quelques exemples-types de variations des chronaxies vestibulaires dans l'hémiplégie. Pour chaque cas, nous donnons les chronaxies prises avec le pôle + et le pôle — dans chaque oreille (1) et le rapport de la plus grande à la plus petite chronaxie.

Sujet.	Date du début de l'affection.	Date de l'examen.	Pôle dans l'oreille.	Côté droit. Chronaxies.	Côté droit. Rapport.	Côté gauche. Chronaxies.	Côté gauche. Rapport.
1° *Hémiplégie gauche.*							
M. D. 63 ans....	1– 1–36	29–4–36	+	48^{σ}	1,2	48^{σ}	1,2
			—	58,4		58,4	
2° *Aphasie guérie sans reliquats intellectuels. Reliquat d'hémiplégie droite.*							
Mme Ch. 35 ans..	26-11-25	12-3-36	+	48	1,16	48	1,16
			—	56		56	
3° *Aphasie actuelle et hémiplégie droite.*							
Mme B. 56 ans...	10- 3-33	5-2-36	+	3,68	1,35	112	1,16
			—	2,72		96	
4° *Aphasie guérie avec reliquat de troubles intellectuels et d'hémiplégie droite.*							
M. V. 45 ans....	2-19-27	9-4-35	+	204	1,17	148	1,12
			—	239,2		132	
M. Ch. 52 ans (reliquats très légers).	2-11-34	12-2-36	+	12,8	1,3	34,4	1,1
			—	17,2		38	

Chronaxies normales : 12^{σ} à 22^{σ}. Rapport : 1,1 à 1,2.

(1) Nous rappelons que l'excitation par le pôle + dans l'oreille donne l'inclinaison du côté excité, et avec le pôle — du côté opposé.

Conclusions. — 1° Les lésions centrales de l'hémiplégie, avec ou sans aphasie, modifient les chronaxies vestibulaires, comme dans tous les troubles du fonctionnement cérébral. Cette action s'exerce sur les deux côtés. Ce fait confirme l'existence de relations de chaque labyrinthe avec les centres des deux côtés. Cette conclusion, déjà tirée par l'un de nous de l'étude de la chronaxie vestibulaire par excitation mono-auriculaire ([1]), est aussi celle des expériences de L. Aronson ([2]) sur les excitations labyrinthiques dans l'intoxication par la strychnine des régions ecto- et suprasylvienne et de celles de E. A. Spiegel ([3]) sur les courants d'action cérébraux dans les mêmes conditions. Tous ces travaux concourent à démontrer la distribution bilatérale des voies afférentes du labyrinthe.

2° L'action des lésions centrales de l'hémiplégie est différente suivant qu'elle s'accompagne ou non d'aphasie. Quand il n'y a pas d'aphasie, la variation est égale des deux côtés.

Quand il y a aphasie, la variation est toujours plus importante que quand il n'y en a pas et il apparaît une prédominance de l'action de l'hémisphère gauche sur l'hémisphère droit. Cette prédominance se manifeste avec des modalités différentes suivant le degré et l'ancienneté de l'aphasie et par une augmentation du rapport des deux chronaxies du côté droit seulement dans l'hémiplégie droite avec aphasie.

THÉRAPEUTIQUE MÉDICALE. — *Essai de traitement de la lèpre par un complexe nouveau de chaulmoogra et de cholestérol, permettant l'injection intraveineuse à haute dose de dérivés chaulmoogriques.* Note ([4]) de MM. **Charles Flandin**, **Pierre Baranger** et **Jean Ragu**, présentée par M. Charles Achard.

L'expérience a prouvé que le chaulmoogra est actuellement le traitement le plus efficace de la lèpre. Mais, par voie buccale et intramusculaire, il est mal toléré, d'où limitation des doses et du temps de traitement. Après Noc et Stevenel (1917-1920), de nombreux auteurs, en particulier Rogers, Heiser, Ehlers, Hollmann, Mac Donald, Dean, Jeanselme ont cherché en

---

([1]) G. Bourguignon, *loc. cit.*; *Soc. de Biologie*, **116**, 1934, p. 1279.

([2]) *Journal of Nervous and Mental Disease*, **78**, 1933, p. 250.

([3]) *Archive of Neurology and Psychiatry*, 31, 1934, p. 469.

([4]) Séance du 24 août 1936.

vain à injecter dans les veines des dérivés chaulmoogriques. Les réactions locales et générales, même pour de très faibles doses, ont arrêté toutes les tentatives.

Pierre Baranger a pu préparer un dérivé aminé du chaulmoogra sous une forme facilement injectable dans les veines. Il a utilisé une observation générale faite par lui, susceptible de plusieurs applications, qui sera publiée in extenso. En résumé, les éthers d'amino-alcool à longue chaîne contractent, dans certaines conditions, avec le cholestérol des associations remarquables, cristallisées en général, non hémolytiques, donnant avec l'eau des suspensions ultramicroscopiques stables. Cette propriété a permis d'obtenir les préparations à base d'éthers chaulmoogriques qui ont servi à nos essais. Stérilisables à 115°, elles contiennent par centimètre cube de 20 à 40^{mg} de dérivé chaulmoogrique et autant de cholestérol.

Nous avons, avec ce nouveau produit, traité 12 lépreux évolutifs, depuis le 10 juin 1936, à l'Hôpital Saint-Louis. 1500 ampoules ont été injectées.

La tolérance est parfaite, à condition d'injecter strictement dans la veine, très lentement, après aspiration de sang dans la seringue. La dose maxima tolérée est de 6 à 7$^{cm^3}$. Au-dessus, on déclenche une douleur lombaire passagère sans troubles urinaires. Nous avons adopté le rythme de 2 à 4$^{cm^3}$ par jour.

Résultats. — 1° Dans trois cas au début avec taches érythémateuses, thermo-analgésie, hypertrophie des troncs nerveux sans troubles trophoneurotiques, bacilloscopie positive; après deux mois de traitement, les taches ont disparu sauf une légère pigmentation, les nerfs sont revenus du volume d'un crayon à celui d'une plume d'oie. La bacilloscopie est négative.

2° Neuf autres malades sont d'anciens lépreux, évoluant malgré tous les traitements, avec grosses lésions tuberculoïdes et trophoneurotiques, bacilloscopie constamment positive.

Sous l'influence du traitement, *la peau* s'est désinfiltrée, dégageant les traits du visage, permettant la mobilité des mains et des doigts; les lépromes se sont affaissés, les ulcérations se sont cicatrisées. L'*analgésie* tactile et thermique a diminué ou disparu. Les *ulcérations* et les maux perforants s'avivent, la cicatrisation s'amorce.

Les hypertrophies nerveuses diminuent. *Un névrome aigu* du cubital, du volume d'un œuf, très douloureux, a rétrocédé en trois semaines, fait unique à notre connaissance. *La bacilloscopie* est négativée; le jetage nasal disparaît. L'état général est amélioré et le poids augmente.

Dans l'ensemble, l'action de notre produit se caractérise : dans les formes jeunes ou aiguës, par un arrêt évolutif; dans les formes anciennes, trophoneurotiques, par une stabilisation; toujours, par une disparition rapide du bacille; surtout par une rapidité d'action, dans une certaine mesure proportionnelle aux doses, et une innocuité qui permettent d'espérer la réalisation d'un réel progrès dans le traitement de la lèpre.

La séance est levée à 15h30m.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 3 août 1936.)

Note de M. *Jean-Jacques Bounhiol*, Métamorphose après ablation des *corpora allata* chez le Ver à soie :

Page 389, ligne 8, *au lieu de* dont 2 ont éclos, *lire* dont 11 ont éclos.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 7 SEPTEMBRE 1936.

PRÉSIDENCE DE M. HENRI DOUVILLÉ.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

PROTISTOLOGIE. — *La sexualité et le cycle évolutif des* Siedleckia *d'après l'étude de* S. Caulleryi, *n. sp. Hologrégarines et Blastogrégarines. Sporozoaires Hologamétogènes et Blastogamétogènes.* Note [1] de MM. **ÉDOUARD CHATTON et FÉLIX VILLENEUVE.**

Les *Siedleckia* sont des Protozoaires grégariniformes, multinucléés, contractiles, parasites intestinaux des Polychètes Ariciens. Caullery et Mesnil (1898), qui ont découvert la première espèce, *S. nematoides*, chez *Scoloplos armiger*, ont fort bien décrit quatre catégories d'individus qu'ils considèrent comme quatre stades successifs du développement des vermicules : trois stades où les noyaux se multiplient d'abord en file, un stade où ils le font en tous sens dans les deux tiers postérieurs du corps. Des bourgeons distaux reproduiraient directement les vermicules. Les auteurs considèrent les *Siedleckia* comme des « Sporozoaires aberrants ».

Pour Labbé (1899) elles seraient intermédiaires entre les Grégarines et les Mésozoaires. Minchin (1912), Léger (1909), Léger et Dubosq (1910) les rapprochent du *Schizocystis*, c'est-à-dire des Schizogrégarines. Ces deux derniers auteurs considèrent, d'après leurs propres observations et celles de Brasil, le bourgeonnement postérieur comme pathologique et écrivent : « La véritable schizogonie de la *Siedleckia*, qui n'est pas connue, est sans doute voisine de celle de *Schizocystis* ou de *Selenococcidium*. » V. Dogiel (1910) observe chez *S. Dogieli* d'*Aricia fœtida*, étudiée en même temps par

(1) Séance du 31 août 1936.

Dobell, de nombreux sporozoïtes rampant, la nuit, sur l'épithélium intestinal et suppose qu'ils appartiennent au parasite. Il tient aussi le bourgeonnement pour pathologique.

E. Chatton et L. Dehorne (1929) étudient simultanément *S. nematoides* de *Scoloplos armiger* et *S. Mesnili* d'*Aricia Latreilli*. Ils y reconnaissent aisément les quatre catégories de formes décrites par Caullery et Mesnil, mais plutôt que quatre phases successives de l'évolution, ils inclinent à y voir deux séries de stades aboutissant à la sexualisation des vermicules. Les gros individus à noyaux en file seraient les macrogamontes et les individus à plage postérieure multinucléée les microgamontes.

Par bourgeonnement les premiers donneraient des macrogamètes uninucléées, les seconds des microgamétocytes multinucléés. Les auteurs observent en outre, dans les crottes du *Scoloplos*, des kystes de même taille que les bourgeons et contenant des sporozoïtes falciformes. Mais, en raison de l'existence constante, dans le même hôte, d'un *Selenidium* et de l'*Eleutheroschizon Duboscqui*, ils ne peuvent préciser l'attribution de ces éléments.

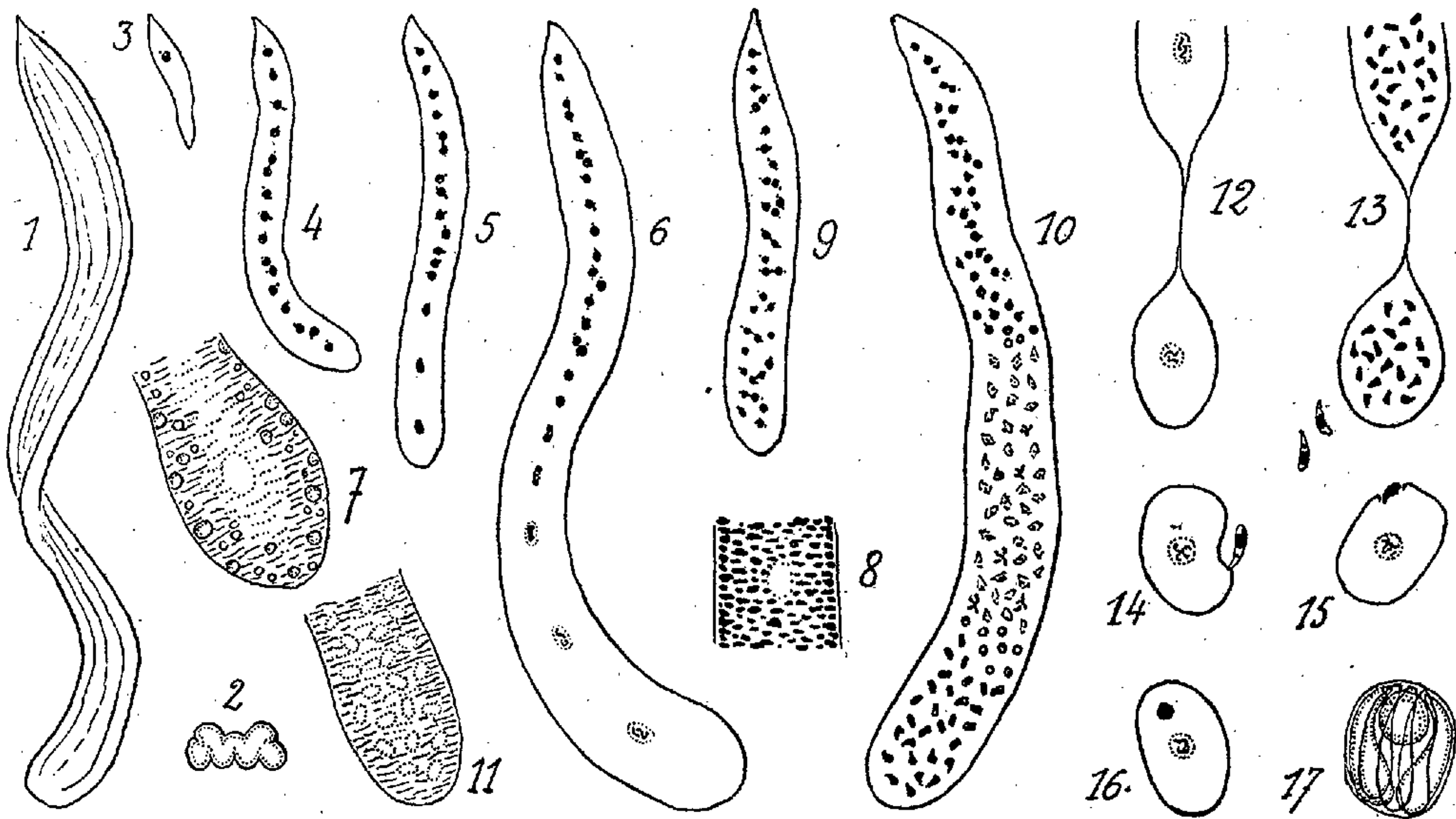
Nous avons repris l'étude des *Siedleckia* sur une espèce nouvelle, *S. Caulleryi*, bien caractérisée par sa sculpture (*fig.* 1 et 2), et parasite de l'Aricien *Theostoma Œrstedi* de l'Étang de Thau. Elle n'y est pas accompagnée de *Selenidium*, mais constamment aussi d'un *Eleutheroschizon*. Pour nous garder de les confondre, nous avons suivi simultanément les évolutions des deux parasites. Celle de la *Siedleckia* est simple et entièrement conforme à l'hypothèse de la sexualisation des vermicules qui implique, on l'a vu, la réalité de leur bourgeonnement.

Les vermicules uninucléés, implantés sur l'épithélium par groupes isogéniques de 10 à 16, s'allongent tandis que leurs noyaux se multiplient par métamitose. Précocement la multiplication nucléaire se ralentit dans les uns tandis qu'elle s'accélère dans les autres. Chez les premiers les noyaux restent en une file où ils sont d'autant plus espacés, par suite de l'accroissement du cytoplasme au pôle distal, qu'ils sont plus rapprochés de celui-ci. Ils sont eux-mêmes allongés dans le sens antéro-postérieur et leur chromatine est épanouie en spirème. Le cytoplasme est riche en mitochondries et en globules deutoplasmiques. Ce sont les femelles ou macrogamontes.

Chez les seconds, les noyaux sont, dans le deuxième tiers du corps, irrégulièrement distribués, et presque tous en mitose. Au début du troisième tiers on les voit se condenser en corpuscules très chromatiques, d'abord sphériques, puis ellipsoïdaux, puis en virgule. On dirait, en réduction et à l'absence près du compartimentage, une spermatogénèse linéaire d'Arthro-

pode. Le cytoplasme, également riche en mitochondries, est pauvre en deutoplasme. Ce sont les mâles ou microgamontes. Femelles et mâles sont en nombre sensiblement égal.

Les premières produisent des bourgeons uninucléés (macrogamètes), à chromosomes épanouis. Les seconds des bourgeons multinucléés (macrogamétocytes) à noyaux en virgule, qui se dissocieront en de minimes micro-



Siedleckia Caulleryi, n. sp. 1, aspect *in vivo*; 2, section transversale; 3-4, formes jeunes indifférenciées; 5-6, sexualisation ♀; 7, aspect du cytoplasme ♀; 8, chondriome; 9-10, sexualisation ♂-11, cytoplasme ♂; 12-13, bourgeons ♀ et ♂, et microgamètes; 14-16 fécondation; 17, ookyste *in vivo*.

gamètes effilés et arqués. Le bourgeonnement s'effectue surtout durant la première partie de la nuit.

Dans les préparations effectuées à ce moment, on peut voir des macrogamètes porteurs d'un microgamète soit fiché, soit plaqué sur eux et déjà gonflé, soit à leur intérieur. Le mixie se fait pendant l'évacuation. Aussitôt après, le zygote se revêt d'une très fine membrane ookystique. Il forme, en trois jours environ, de 10 à 16 sporozoïtes en banane, à noyaux subpolaires et entourant une sphère résiduelle située vers un pôle de l'ookyste. Celui-ci est très mince et très perméable aux colorants. Les sporozoïtes sont de la taille des plus jeunes *Siedleckia* uninucléées.

Nous n'avons vu, dans ce cycle, ni figure d'évolution directe des bourgeons en vermicules ni d'un autre mode de schizogonie. Nous n'avons ni

preuve ni indice que les *Siedleckia* soient des Schizogrégarines, groupement d'ailleurs artificiel et dont elles ne feraient qu'accroître l'hétérogénéité.

A ne prendre les définitions qu'à la lettre, la continuité de leur gamétogénèse les écarterait même de l'ensemble :

$$\text{Grégarines} + \text{Coccidies} = \text{Télosporidies},$$

et obligerait de les incorporer aux Néosporidies, autre groupe chaotique. La structure de leurs germes en fait cependant des Sporozoaires vrais (Grégarines + Coccidies + Sarcosporidies), le mode de fécondation, des Coccidies; la morphologie et la physiologie des vermicules, des Grégarines.

Si l'on veut les maintenir dans cet ordre, il faut les subdiviser en deux sous-ordres : les *Blastogregarina*, ne comprenant que les *Siedleckidæ*, et caractérisées par leur bourgeonnement lié à la continuité de leur gamétogénèse, et les *Hologregarina*, contenant toutes les autres Grégarines connues et dont la gamétogénèse unique et synchronique épuise d'un coup les gamontes. Mais c'est tout aussi bien la classe tout entière des *Sporozoa sensu stricto* qu'on pourrait, d'après ce même critère, en lui donnant le pas sur celui de l'allure grégarinienne, subdiviser en *Blastogametogenea* avec les *Siedleckidæ* et peut-être les Sarcosporidies, et *Hologametogenea* avec les Grégarines et les Coccidies.

CORRESPONDANCE.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *La rotation d'une cavité remplie d'un liquide visqueux*. Note (1) de M. N. A. **Slioskine**, transmise par M. Henri Villat.

Supposons qu'un corps ayant une cavité, qui représente une surface de révolution et est remplie d'un liquide visqueux, tourne autour de son axe sous l'action d'un couple ayant un moment qui ne dépend que du temps.

Si l'on désigne par U_r, U, U_z les composantes de la vitesse des particules du liquide qui correspondent aux coordonnées cylindriques et si l'on

(1) Séance du 10 août 1936.

néglige des termes d'inertie $U_r \partial U/\partial r$, $U_z \partial U/\partial z$ et $U U_r/r$, le problème de la détermination du mouvement du corps même se ramène à l'intégration de deux équations différentielles suivantes :

$$\frac{\partial U}{\partial t} = \nu\left(\frac{\partial^2 U}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial U}{\partial r} + \frac{\partial^2 U}{\partial z^2} - \frac{U}{r^2}\right), \tag{1}$$

$$\mathcal{J}\frac{d\Omega}{dt} = N(t) - 2\pi\mu\left\{\int_\gamma r^2\left[\left(\frac{\partial U}{\partial r} - \frac{U}{r}\right)dz - \frac{\partial U}{\partial z}dr\right]\right\} \tag{2}$$

aux conditions

$$\text{à la frontière} \quad U = \Omega(t) r, \tag{3}$$

$$\text{pour } t = 0 \quad U = U_0(r, z), \tag{4}$$

où ν est un coefficient cinématique de viscosité ($\nu = \mu/\rho$), $\Omega(t)$ la vitesse angulaire de rotation du corps, $\mathcal{J}$ son moment d'inertie, $N(t)$ le moment des forces extérieures par rapport à l'axe et γ le contour de la section méridienne d'une cavité.

Posons

$$U = u + w, \tag{5}$$

à la frontière

$$u = \Omega(t) r, \qquad w = 0$$

pour $t = 0$

$$u = 0, \qquad w = U_0(r, z),$$

Si $U_1(r, z, t)$ est une solution de l'équation (1) pour la rotation de la cavité avec une vitesse angulaire permanente qui soit égale à 1, et telle que, pour $t = 0$, $U_1(r, z, 0) = 0$, il est aisé d'obtenir pour u l'expression suivante :

$$u(r, z, t) = \Omega(0) U_1(r, z, t) + \int_0^t \Omega'(\lambda) U_1(r, z, t-\lambda)\, d\lambda. \tag{6}$$

La détermination de $U_1(r, z, t)$ et $w(r, z, t)$ peut être faite pour chaque cas particulier à l'aide de la méthode classique de la division des variables. Pour la détermination de la vitesse angulaire de rotation de la cavité, par (2), (5) et (6) nous obtiendrons l'équation intégrale de Volterra,

$$\Omega'(t) = f(t) + \int_0^t \Omega'(\lambda) K(t-\lambda)\, d\lambda, \tag{7}$$

où

$$(8)\qquad f(t)=\frac{N}{\mathfrak{I}}-\frac{2\pi\mu}{\mathfrak{I}}\int_\gamma r^2\left(\frac{\partial w}{\partial r}dz-\frac{\partial w}{\partial z}dr\right)-\frac{2\pi\mu\,\Omega(0)}{\mathfrak{I}}\int_\gamma r^2\left(\frac{\partial U_1}{\partial r}dz-\frac{\partial U_1}{\partial z}dr-dz\right),$$

$$(9)\qquad K(t-\lambda)=\frac{2\pi\mu}{\mathfrak{I}}\int_\gamma r^2\left[dz-\frac{\partial U_1(r,z,t-\lambda)}{\partial r}dz+\frac{\partial U_1(r,z,t-\lambda)}{\partial z}dr\right].$$

L'équation (7) appartient au type des équations intégrales qui se résolvent par trois quadratures à l'aide de la transformation de Laplace [1]. Posant

$$(10)\qquad \Phi(s)=\int_0^\infty e^{-s\lambda}\,\Omega'(\lambda)\,d\lambda,\qquad F(s)=\int_0^\infty e^{-st}f(t)\,dt,\qquad L(s)=\int_0^\infty e^{-sx}K(x)\,dx;$$

multipliant l'équation (7) par $e^{-st}dt$ et l'intégrant de o jusqu'à ∞, nous obtenons

$$(11)\qquad \Phi(s)=\frac{F(s)}{1-L(s)}.$$

Faisant l'inversion de la transformation de Laplace pour $\Omega'(\lambda)$ nous obtiendrons l'expression

$$(12)\qquad \Omega'(\lambda)=\frac{1}{2\pi i}\int_{\sigma-i\infty}^{\sigma+i\infty}e^{\lambda s}\,\Phi(s)\,ds$$

ou

$$(13)\qquad \Omega'(\lambda)=\frac{1}{2\pi i}\int_{\sigma-i\infty}^{\sigma+i\infty}e^{\lambda s}\frac{\displaystyle\int_0^\infty e^{-st}f(t)\,dt}{1-\displaystyle\int_0^\infty e^{-sx}K(x)\,dx}\,ds.$$

Comme, généralement parlant, les fonctions $f(t)-N$ et $K(x)$ représenteront des séries infinies de la forme

$$\sum_{m,n}A_{mn}\,e^{-\nu k^2(m,n)t},$$

les quadratures intérieures se calculent assez simplement. La quadrature extérieure peut être calculée d'après les règles classiques de la théorie des résidus.

---

[1] Fock, *Math. Zeit.*, **21**, 1924, p. 201.

Dans le cas particulier, où la vitesse angulaire initiale $\Omega(0)$ et la vitesse initiale $U_0(r, z)$ sont égales à zéro et $N = \text{const.}$, $w = 0$ et nous obtenons de (13) ([1]) :

$$\Omega'(\lambda) = \frac{N}{2\pi i}\int_{\sigma-i\infty}^{\sigma+i\infty} e^{\lambda s} \frac{1}{1-\int_0^\infty e^{-sx} K(x)\, dx} \frac{ds}{s}.$$

GÉODÉSIE. — *Sur la liaison gravimétrique Paris-Strasbourg.* Note ([2]) de M. **Paul Muller**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Les diverses comparaisons gravimétriques faites entre Paris et Strasbourg ayant donné des résultats discordants, la Commission du Réseau Gravimétrique a jugé nécessaire d'organiser une nouvelle opération, dont j'ai été chargé. J'ai utilisé le matériel de Defforges n° 2, en suivant la technique exposée par M. Esclangon ([3]). Les observations ont été faites à l'Observatoire de Strasbourg du 2 au 12 juillet et du 14 au 21 septembre 1935, et à l'Observatoire de Paris du 28 juillet au 9 août 1935; soit 4 séries complètes à Strasbourg, encadrant 3 séries à Paris. Voici les valeurs obtenues pour $\tau_{15°}$ aux deux stations :

Strasbourg.	Paris.
$0^s,7110867$	$0^s,7110691$
856	702
863	705
894	
$0^s,7110870$	$0^s,7110699$

On déduit de ces périodes

$$g_{\text{Paris}} - g_{\text{Strasbourg}} = +47 \text{ milligals}.$$

C'est précisément la différence obtenue par Sterneck. La différence publiée par M. Esclangon (*loc. cit.*) à la suite de sa campagne de 1922-1924 est sensiblement plus forte (+ 57 milligals), mais il est facile de mon-

---

([1]) Dans ce cas particulier on conclut la solution de l'équation (7) pour un cylindre circulaire illimité d'après la méthode de Whittaker-Havelock (*Philos. Mag.*, **42**, 1921, p. 620).

([2]) Séance du 31 août 1936.

([3]) *Annales de l'Observatoire de Strasbourg*, **1**, 1929, p. 343-356.

trer qu'elle a été viciée par l'emploi de 2 séries de mesures effectuées à Paris par M. Govin. Ces séries (IV et V) donnent pour le pendule n° 2.

$$\tau_{15^\circ} = 0^s,7110650,$$

tandis que les observations de M. Esclangon (séries II et III) donnent

$$\tau_{15^\circ} = 0^s,7110700,$$

valeur pratiquement identique à celle que j'ai trouvée. En éliminant les séries Paris IV et V, on rétablit l'accord entre les observations de 1922-1924 et celles de 1935.

PHYSIQUE. — *Étude des anomalies dilatométriques dues aux forces extérieures dans les alliages cuivre-aluminium de 7 à 16 pour 100 d'aluminium.* Note [1] de M. **André Boutillier**, présentée par M. Aimé Cotton.

La méthode dilatométrique appliquée aux alliages est couramment considérée comme permettant de définir sans ambiguïté soit un coefficient de dilatation, soit une variation de volume spécifique due à une transformation. Il n'en est pas ainsi dans tous les cas. En particulier, avec les alliages cuivre-aluminium, on constate des anomalies dilatométriques dont l'interprétation dépend du dispositif expérimental, car elles dépendent des forces extérieures appliquées pendant l'essai, et l'on observe d'autres anomalies indépendantes des forces extérieures, mais ne correspondant pas à des variations de volume spécifique. Ces anomalies et l'importance qu'elles prennent dans les alliages cuivre-aluminium sont vraisemblablement en relation avec l'anisotropie cristalline de ces alliages, qui donne lieu à l'apparition de faces cristallines sur les éprouvettes soumises à un grand nombre de cycles thermiques.

Le dilatomètre différentiel de M. Chevenard enregistre ainsi en fonction de la température une résultante très complexe.

L'étude d'un très grand nombre d'éprouvettes dans les conditions les plus variées conduit à classer les anomalies qu'on peut rencontrer le long des courbes dilatométriques en trois groupes :

1° des anomalies de changement d'état (réaction entre phases, dissociation, transformation allotropique) qui correspondent à une variation de la densité ou de la loi de dilatation ;

---

(1) Séance du 18 août 1936.

2° des anomalies de plasticité fonction du temps et liées aux forces extérieures;

3° des anomalies qu'on ne peut attribuer ni aux variations de densité ni aux forces extérieures.

Ces anomalies peuvent être plus ou moins superposées et il est indispensable de les séparer.

Nous avons réussi à isoler et à étudier à part les anomalies du groupe 2 par une méthode qui paraît d'une application générale.

La méthode utilisée repose sur l'hypothèse suivante : quand on change le signe des forces appliquées les anomalies du groupe 2 changent de signe sans changer de grandeur. Si cette hypothèse est exacte, quand on soumet une même éprouvette à deux cycles ou deux séries de cycles thermiques identiques, l'éprouvette étant comprimée au cours de la première série et tendue au cours de la deuxième, les déformations plastiques sont égales et de signe contraire dans les cycles correspondants si la tension et la compression sont égales. Elles disparaîtront donc dans la courbe résultante obtenue en portant en abscisse la température et en ordonnée la moyenne des ordonnées des courbes fournies par deux cycles correspondants. Cette courbe résultante ne contiendra plus que les anomalies indépendantes des forces extérieures appartenant aux groupes 1 et 3, tandis que la différence entre cette résultante et l'une ou l'autre des deux courbes d'où elle est issue représentera les déformations plastiques tout le long du cycle décrit.

Une modification du dilatomètre différentiel et des éprouvettes a permis, tout en respectant les deux échelles, de faire varier à volonté la force appliquée à l'éprouvette à étudier, en particulier de substituer à la compression de 18 à 20 g/mm² exercée par la tige de silice une tension égale.

Moyennant quelques précautions on obtient des courbes résultantes bien définies. On constate que ces courbes se ferment en général toutes les fois que l'éprouvette repasse par le même état. Ce résultat est important, car il constitue une vérification de l'hypothèse précédente et il montre que les anomalies du groupe 1, liées aux variations de densité, ayant une somme nulle pour tout ensemble de transformations restituant l'état initial, il en est en général de même pour les anomalies du groupe 3.

Les anomalies de plasticité se localisent au voisinage de certaines transformations, transformation de l'eutectoïde en solution homogène à 570°, mise en solution des constituants α ou δ par chauffe au-dessus de cette température ou leur précipitation au cours du refroidissement.

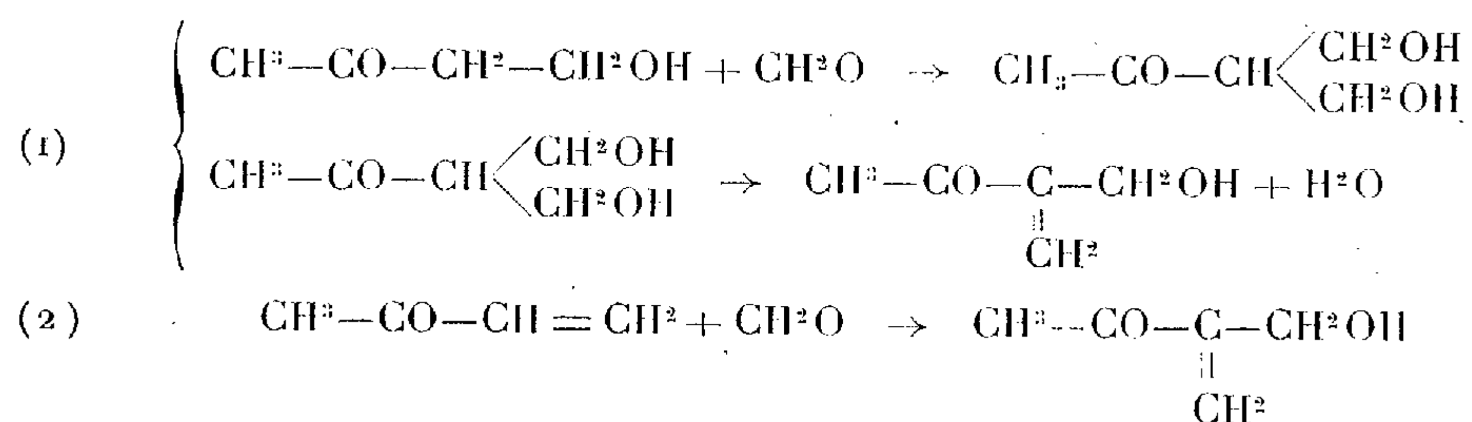
Pour une éprouvette soumise dans le dilatomètre à une compression de 20 g/mm² l'anomalie de plasticité peut compenser, pour une vitesse de chauffe de 3 à 4° par minute, l'allongement qui résulte de l'augmentation du volume spécifique au cours de la transformation eutectoïde-solution β. Une tension de même valeur substitue un allongement à la contraction qui devrait accompagner la précipitation du constituant α au cours du refroidissement des solutions β à moins de 12 pour 100 d'aluminium.

Avec les alliages bruts de forge riches en constituants α ou δ, les anomalies de plasticité à la première chauffe ont une amplitude exceptionnelle, en particulier l'anomalie au-dessus de 570°. L'examen micrographique montre dans ce cas un parallélisme complet entre le phénomène de plasticité et l'orientation cristalline progressive des éléments des différentes phases, orientation qui se produit dès qu'une transformation donne à ces éléments une mobilité suffisante.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la méthylène-2 butanol-1 one-3.* Note de MM. **Henry Gault** et **Louis-André Germann**, présentée par M. Marcel Delépine.

Nous avons décrit [1] un mode de préparation de la méthylène-butanolone par condensation de l'acétone avec le formaldéhyde en solution aqueuse à 35 pour 100.

Nous indiquons, dans la présente Note, deux autres modes d'obtention de ce cétol, par condensation avec la formaldéhyde : pour l'un, (1), de la butanolone, pour l'autre, (2), de la méthyl-vinylcétone,



$$(1)\quad \begin{cases} CH^3{-}CO{-}CH^2{-}CH^2OH + CH^2O \rightarrow CH^3{-}CO{-}CH\begin{matrix}\diagup CH^2OH\\ \diagdown CH^2OH\end{matrix} \\ CH^3{-}CO{-}CH\begin{matrix}\diagup CH^2OH\\ \diagdown CH^2OH\end{matrix} \rightarrow CH^3{-}CO{-}\underset{\underset{CH^2}{\|}}{C}{-}CH^2OH + H^2O \end{cases}$$

$$(2)\quad CH^3{-}CO{-}CH{=}CH^2 + CH^2O \rightarrow CH^3{-}CO{-}\underset{\underset{CH^2}{\|}}{C}{-}CH^2OH$$

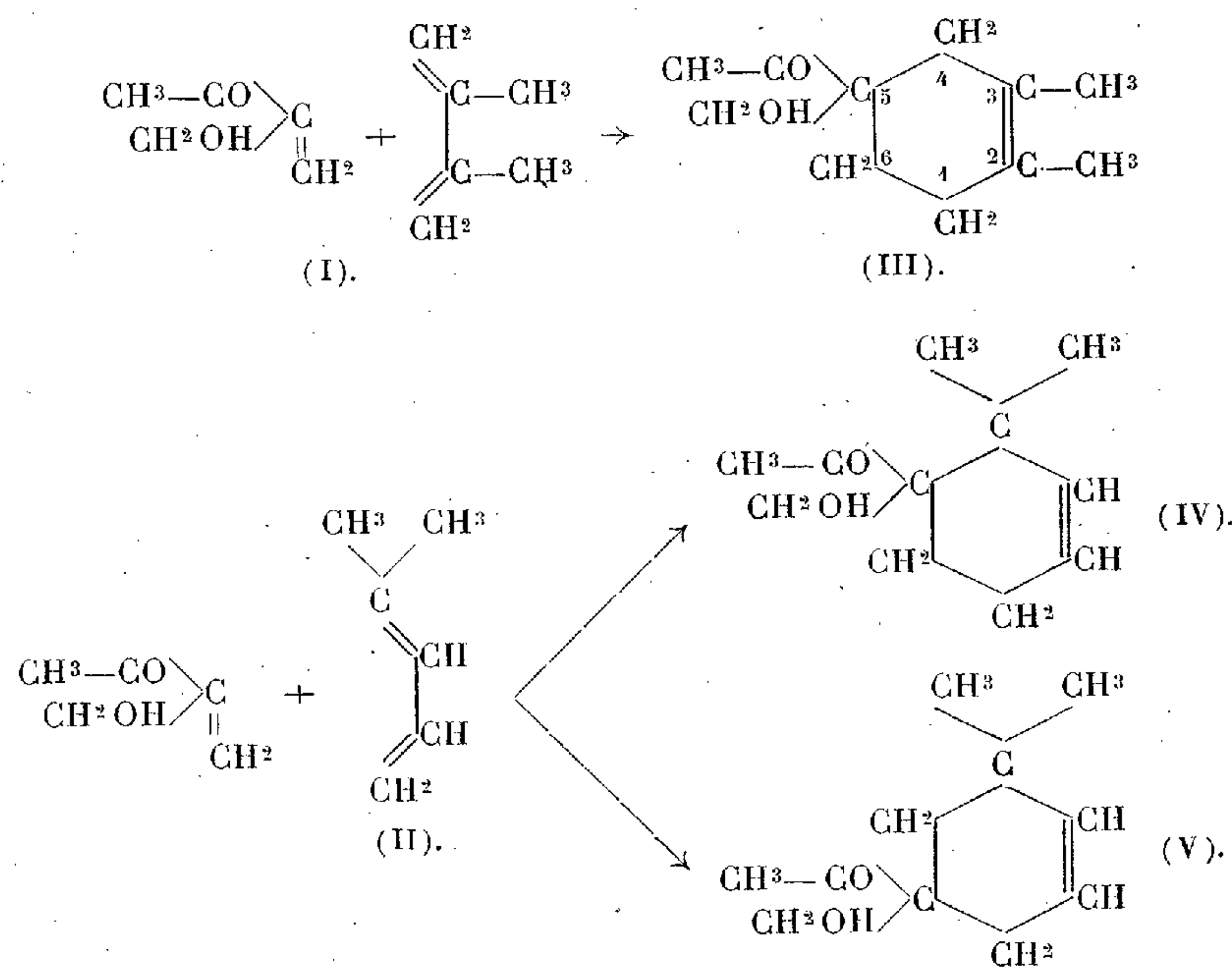
1° *A partir de la butanolone.* — On mélange directement 88g (1 mol.-g.) de butanolone, 100g d'une solution de formaldéhyde (1 mol.-g. plus un excès de 1/6e de molécule-gramme) à 35 pour 100 et une solution de 3g de carbo-

[1] *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 620.

nate de potassium dans 5$^{cm^3}$ d'eau. La réaction se déclanche rapidement et la température du mélange homogène monte jusqu'à 45°.

Après refroidissement, on s'assure de la disparition totale du formol, puis on neutralise exactement avec $CH^3.COOH$. L'eau est chassée au bain-marie dans le vide; le résidu est ensuite distillé en présence d'un agent de déshydratation. La fraction passant de 84° à 88° sous 13^{mm} pèse 55^g et fournit, après redistillation, 42^g de méthylène-2 butanol-1 one-3 pure. (Rendement : 42 pour 100.)

2° *A partir de la méthyl-vinylcétone.* — On mélange directement 35^g de méthyl-vinylcétone (0,5 mol.-g.), obtenue par déshydratation de la butanolone, avec 50^g d'une solution de formaldéhyde (0,5 mol.-g. plus un excès de 1/12e de molécule-gramme) à 35 pour 100 et une solution de 0^g,5 de carbonate de potassium dans 1$^{cm^3}$ d'eau. La température monte très rapidement jusqu'à 62° et il est nécessaire de refroidir le récipient de réaction. On opère ensuite comme dans le cas précédent. On obtient finalement 28^g de méthylène-butanolone. (Rendement : 56 pour 100.)



La méthylène-butanolone, qui renferme dans sa molécule deux doubles liaisons conjuguées, est susceptible de se combiner avec les hydrocarbures diéniques selon la réaction de Diels. Nous l'avons ainsi condensée successivement avec le diméthylbutadiène (I) et avec le méthylpentadiène (II).

La condensation avec le diméthylbutadiène nous a conduit au diméthyl-2.3 acétyl-5 méthylol-5 cyclohexène-2 (III) ($Éb_{15}$ 155°-157°).

La condensation avec le méthylpentadiène nous a permis d'obtenir deux cétones isomériques (IV) et (V) :

le diméthyl-4 acétyl-5 méthylol-5 cyclohexène-2 ($Éb_{12}$ 146-150°) (IV);

le diméthyl-4 acétyl-6 méthylol-6 cyclohexène-2 ($Éb_{12}$ 150-153°; F. 71°).

Les rendements sont de 40 à 60 pour 100.

GÉOLOGIE. — *Sur l'existence d'un axe ouralien déterminant la structure du Plateau Iranien.* Note [1] de M. **Raymond Furon**, présentée par M. Lucien Cayeux.

J'ai indiqué [2] les découvertes que j'ai faites dans le désert central iranien et j'ai dit qu'elles étaient de nature à modifier les vues que l'on avait sur la structure du Plateau Iranien. Ce que l'on en savait a été exposé dans *Structure of Asia* [3].

Un grand plateau désertique est entouré d'une ceinture de hautes montagnes : au Nord, l'Elbourz, les Paropamisades et l'Hindou-Kouch ; au Sud, le Zagros, le Mekran, les monts Suleiman. Le fait que la zone centrale et déprimée n'était pas plissée comme le reste était attribué à l'existence d'une *masse médiane* indéterminée dans son origine et son rôle exact.

On peut observer un rebroussement des chaînes Nord et Sud, rebroussement dirigé vers le Nord, entre 52° et 56° de longitude Est. C'est précisément entre ces flexures peu explicables que j'ai découvert les éléments d'une chaîne Nord-Sud comprenant le Dévonien et l'Anthracolithique. Cette chaîne Nord-Sud représente pour moi la continuation de l'Oural qu'une diminution de hauteur fait géographiquement disparaître entre la mer Caspienne et la mer d'Aral.

La chaîne ouralo-iralienne a repoussé vers le Sud les rides caucasiennes situées à l'Est de la Caspienne et lors des grandes poussées vers le Sud (Elbourz, Hindou-Kouch et Zagros), elle a servi de frein. Deux rebroussements sont visibles et les sédiments récents ont été rejetés de chaque côté des rides ouraliennes. Cette modification du sens des poussées est bien visible à l'Est dans la région de Meched, à l'Ouest entre Semnan et

[1] Séance du 31 août 1936.

[2] *Comptes rendus*, **203**, 1936, p. 494.

[3] H. de Bockh, G. M. Lees, F. D. S. Richardson, *Structure of Asia*, 1929, p. 58.

Eiwanikei. Dans les deux régions, les sédiments très mobiles du Néogène (marnes salifères et gypsifères), poussés vers le Sud ont été déversés à l'Est et à l'Ouest des reliefs ouraliens.

Si l'on va plus loin et que l'on examine les lois de symétrie étudiées par P. Fourmarier (¹), on s'aperçoit qu'il n'existe sans doute pas d'axe ouralo-indien, mais qu'il existe un axe hercynien, ouralo-iranien, visible dans l'Oural, caché par une flexure entre la Caspienne et la mer d'Aral, réapparaissant dans le désert iranien et continuant vers le Sud, en direction de Madagascar où l'on retrouve la même structure et la même minéralisation.

PHYSIOLOGIE. — *Sur le pouvoir antiseptique* immédiat et en durée *des huiles essentielles*. Note (²) de M. **Jacques Risler**, présentée par M. Portier.

I. La détermination du pouvoir antiseptique des huiles essentielles a fait l'objet de nombreux travaux, parmi lesquels il faut citer plus particulièrement, dans l'ordre chronologique, ceux de Chamberland, Meunier et Cadeac, Bouchard, Freudenreich, Morel et Rochaix.

Ces auteurs se sont bornés à l'étude de leur pouvoir antiseptique *immédiat* ou *infertilisant*, soit à l'état de vapeur, soit à l'état liquide.

Nous avons supposé cependant que le pouvoir antiseptique des huiles essentielles, déterminé plus particulièrement par la présence de *terpènes volatils*, était peut-être capable de s'exercer dans le temps ou en durée, dans le cas où leur composition contiendrait aussi des éléments moins volatils ou à faible tension de vapeur. L'expérience nous a confirmé que ces huiles ou essences, caractérisées par des éléments à écart de tension de vapeur élevé, possèdent un pouvoir *antiseptique et infertilisant*, et *en durée* extrêmement remarquable. Telle est l'explication, par exemple, de la parfaite conservation des momies égyptiennes de la Xᵉ à la XXXᵉ dynastie, embaumées ainsi que de nombreuses analyses l'ont prouvé, à l'aide d'huiles essentielles riches, d'une part en composés volatils de la série terpénique et de la série aromatique, et d'autre part en acides, alcools résineux, oléo-résines et résènes *fixateurs* des principes volatils.

(¹) *Trois règles fondamentales de l'Architecture de l'écorce terrestre*, 1932, p. 121.

(²) Séance du 31 août 1936.

C'est en raison de cette *fixation* de la propriété germicide, remarquable en puissance et en durée, que nous avons appelé définitivement abiotaxines (du grec *taxein* : fixer) les huiles essentielles douées de ces deux propriétés, ou plus exactement les corps que l'on obtient en *mélangeant des essences volatiles à pouvoir antiseptique immédiat avec des essences résineuses moins volatiles*, mais capables, en abaissant la tension de vapeur des essences volatiles, de provoquer l'apparition du pouvoir *antiseptique en durée*.

Il apparaît encore que l'on peut classer dans la catégorie des abiotaxines, ou corps conservateurs du pouvoir antiseptique, certains composés d'addition, dont les constituants pris séparément ont un pouvoir antiseptique de faible durée, tandis qu'à l'état de mélange, la durée de ce pouvoir est très nettement augmentée.

Des exemples, pris au cours de notre expérimentation, dont le protocole s'inscrit sur plusieurs années, illustreront cette Communication d'une manière plus précise.

L'expérimentation bactériologique a été réalisée en ensemençant des cultures de staphylocoque, âgées de 24 heures, sur la surface de petits morceaux de bois imprégnés par trempage dans une même quantité de l'huile essentielle à étudier.

Les temps de contact entre l'ensemencement et le réensemencement ont été de 15 minutes. L'expérience a été reprise chaque jour, de manière à déterminer avec précision le moment où le pouvoir antiseptique en durée commence à faiblir.

1. *Exemple du pouvoir antiseptique des huiles essentielles en durée (abiotaxines simples).*

Essences.	Nombre de jours.	Essences.	Nombre de jours.
Thym	28	Lavande	15
Citron	20	Moutarde	11
Camphre	20	Cèdre	8
Serpolet	18	Huile essentielle de pin	4

2. *Exemple du pouvoir antiseptique des huiles essentielles fixées (abiotaxines composées).*

Mélanges fixés.	Nombre de jours.	Mélanges fixés.	Nombre de jours.
Thym, Terpinéol	4 ans et 12 jours.	Thym, Cannelle	4 ans, 1 mois et 12 jours.
Thym, Huile de pin	4 ans, 1 mois et 12 jours.	Thym, Benjoin	4 ans, 1 mois et 12 jours.

3. *Exemple du pouvoir antiseptique d'un composé d'addition à base d'essences volatiles.*

Thym	plus de 7 mois.
Camphre	

Si nous examinons l'ensemble de ces résultats et si, comparativement, on observe que l'action d'un antiseptique puissant, tel que le formol, par exemple (aldéhyde formique à 40 pour 100), ne s'exerce que pendant un temps très court *qui n'atteint jamais* 6 *jours*, la remarquable persistance du pouvoir antiseptique des huiles essentielles apparaît comme un fait expérimental particulièrement probant.

Il apparaît enfin que l'intérêt capital de ces observations réside dans l'*importance* de la fixation, qui apporte à un élément dont le pouvoir antiseptique faiblirait en peu de semaines, la possibilité d'exercer une action bactéricide *puissante* pendant un temps qui dépasse plusieurs années et que l'on peut même considérer comme illimité.

II. L'addition de plusieurs essences augmente aussi très sensiblement leur pouvoir antiseptique *immédiat* à l'état de vapeur, ce qui rend possible la désinfection de l'air en un temps très court.

Les mélanges d'essences expérimentés sont les suivants, à parties égales :

a. Thymol, terpinéol;
b. Essence d'amandes amères, essence de cannelle;
c. Thymol, terpinéol, essences d'amandes amères et de cannelle.

Dans ces conditions, les temps de contact suivants sont nécessaires pour assurer la disparition de toutes les colonies de *Prodigiosus*, pulvérisées en émulsion aqueuse, dans l'air :

Thymol — Terpinéol	72 minutes
Essences d'amandes amères — Esssences de cannelle ..	30 »

Par contre, *l'ensemble des quatre éléments abaisse le seuil de réaction bactéricide aux environs de* 13 *minutes* (temps de contact).

Au cours de ces expériences, la quantité de mélange antiseptique projeté a été seulement de 1/20000000e par rapport au volume d'air.

PHYSIOLOGIE MICROBIENNE. — *Sur la nature du* facteur V. Note de M. **André Lwoff** et de M[me] **Marguerite Lwoff**, transmise par M. Félix Mesnil.

On sait que certaines bactéries ne se multiplient qu'en présence d'un facteur de croissance thermolabile V (Davis, Thjötta et Avery, Fildes, etc.), qui existe entre autres dans les hématies des vertébrés, la décoction de levure et les extraits de tissus animaux et végétaux ([1]).

Nous avons tenté d'élucider la question de la nature encore inconnue du facteur V. Nous avons utilisé comme test physiologique *Hemophilus parainfluenzæ* (souche 4.101 du *Lister Institute*), qui ne se développe en eau peptonée que si on lui fournit ce facteur de croissance. La décoction de levure de boulangerie (levure 1 partie, eau distillée 1 partie), obtenue à pH = 4,6, est active en tant que facteur V à la dilution de 1/10000. Nous avons constaté que le facteur V : 1° n'est précipité ni par l'acétate de baryum à pH = 8,5, ni par l'acétate de plomb à pH = 6,8; 2° est précipité par l'acétate de plomb à pH = 9,5 et par un excès de nitrate mercurique à pH = 7,0 ainsi que par l'alcool; 3° résiste à la dessiccation dans le vide.

Ces propriétés étant aussi celles des codéhydrases, nous avons essayé l'activité, en tant que facteur V, du coenzyme de Warburg et Christian — que nous appellerons simplement coenzyme — et de la cozymase de Harden et Young. Une préparation de coenzyme (extrait des hématies de cheval, préparation de Warburg et Christian, de degré de pureté 0,3) s'est montrée active en tant que V à une dilution de 1 pour 30 millions, c'est-à-dire à une concentration réelle en coenzyme de 1 pour 100 millions environ. Encore s'agissait-il d'une préparation conservée à l'air depuis plusieurs mois et qui devait avoir perdu une partie de son activité.

Le coenzyme n'est pas spécifique. En effet la cozymase est également active en tant que facteur V. Une préparation de cozymase de levure (préparation de D. E. Green, dépourvue d'action sur l'acide hexose monophosphorique) permet la multiplication de *H. parainfluenzæ* à 1 pour 270 millions environ. Les chiffres donnés représentent un ordre de grandeur et non des valeurs absolues. Au voisinage des doses limites, il y a

---

([1]) Bibliographie *in* W. M. Scott, *System of Bact.*, II, London, 1929, p. 326 et *in* Lucile Anderson, *The Amer. Jl. of Hygiene*, 13, 1931, p. 164.

une relation entre la concentration en facteur V et la densité de la culture. Les dilutions que nous donnons ne correspondent, pour le moment, qu'à la dilution limite compatible avec la formation d'un trouble bactérien net à l'examen direct.

L'étude de l'activité V du sang confirme ces données quantitatives. Le sang total de lapin (hémolysé après inactivation pour éviter la destruction de V) agit à 1/3000. Si l'on admet, arbitrairement, que sa teneur en coenzyme est identique à celle du sang de cheval (1/150000 d'après Warburg et Christian), le coenzyme du sang agirait à 1 pour 450 millions. Mais comme la cozymase est active, l'activité V du sang doit être rapportée à la somme des activités du coenzyme et de la cozymase. Nous n'avons pas encore de données sur la teneur du sang en cozymase, mais on voit que l'ordre de grandeur des dilutions des codéhydrases du sang correspond aux chiffres trouvés avec les codéhydrases purifiées.

Outre cette action à des dilutions élevées et la similitude des propriétés chimiques, nous trouvons une autre preuve en faveur de la nature codéhydrasique du facteur V dans le fait que celui-ci est très rapidement détruit à 100° en milieu alcalin et résiste à l'ébullition en milieu acide (Fildes). On sait que ce sont là des propriétés des codéhydrases. On sait, d'autre part, que le coenzyme déhydrogéné (réduit de façon réversible) est stable en milieu alcalin (Warburg et Christian). Nous avons constaté que le coenzyme et la cozymase *oxydés*, chauffés au bain-marie à 100° pendant 20 minutes à $pH = 8,5$, n'agissent plus comme facteur V (l'activité est conservée après 40 minutes à 100° à $pH = 4,2$), tandis que le coenzyme et la cozymase *réduits* (par $Na^2S^2O^4$) agissent encore comme facteur V après un chauffage de 40 minutes à 100° à $pH = 9,5$.

Ajoutons que les acides adényliques de levure et de muscle, l'acide nicotinique et sa diéthylamide sont dépourvus d'activité V. Il semble donc bien que le besoin en facteur V pour un organisme donné corresponde à l'impossibilité de réaliser la synthèse des codéhydrases, c'est-à-dire de la ou des combinaisons : adénine + pentose + acide phosphorique + amide de l'acide pyridine β-carbonique, dont on ignore encore le mode exact de groupement.

L'étude du rôle physiologique du facteur V vient à l'appui de cette manière de voir. L'activité déhydrasique des bactéries dont la multiplication est arrêtée faute de V (= bactéries V —) est environ 20 fois moins élevée que celle des bactéries cultivées avec un excès de facteur V

(= bactéries V+). D'autre part, le coenzyme et la cozymase sont sans action sur l'activité déhydrasique des bactéries V+. Au contraire, les codéhydrases augmentent une vingtaine de fois la vitesse de réduction du bleu de méthylène par les bactéries V— en présence de glucose (expériences réalisées en tubes de Thünberg-Keilin), ainsi que l'intensité de leur respiration.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Influence du jeûne, chez le têtard de* Discoglossus pictus *Otth., sur la teneur en substances fonctionnant comme les auxines végétales.* Note (1) de M. **Henri Berrier**, transmise par M. Maurice Caullery.

M. Rose et moi (2) avons montré que des substances fonctionnant comme les auxines végétales existaient chez l'embryon de *Discoglossus pictus* Otth. Nous avons insisté sur le fait que de telles substances ne se trouvaient ni dans les produits sexuels mâles et femelles, ni dans l'œuf fécondé, ni aux premiers stades de segmentation; mais qu'elles apparaissaient, en un temps très court, au moment de la formation de la gouttière médullaire, pour persister dans la larve éclose. Si, comme on peut le penser, l'embryon les élabore aux dépens de ses réserves nutritives, il y a lieu de croire que l'épuisement de ces réserves entraîne la disparition des substances actives. La présente Communication rend compte des recherches que j'ai entreprises pour vérifier le bien-fondé de cette hypothèse.

Des têtards de *Discoglossus pictus* Otth. provenant d'une même ponte sont répartis, dès leur éclosion, en deux lots. L'un est normalement alimenté, l'autre jeûne dans de l'eau pure. Tous les jours, un certain nombre de têtards sont prélevés dans chaque lot et broyés. Chacune des deux purées obtenues est placée sur des blocs d'agar, suivant la méthode que nous avons signalée précédemment. Enfin ces blocs sont essayés sur les coléoptiles réactifs.

Pendant la première semaine, les réponses sont identiques pour les deux lots.

Mais, à partir du dixième jour environ, les blocs provenant des têtards à

---

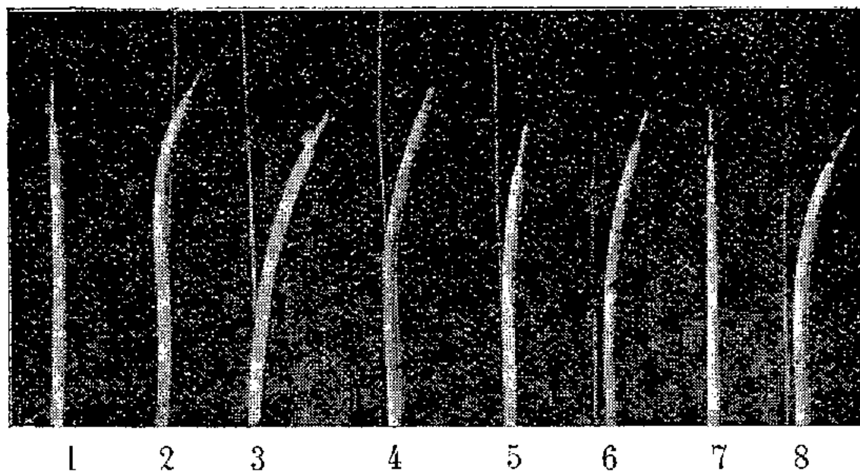
(1) Séance du 15 juillet 1936.

(2) *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 357.

jeun sont de moins en moins actifs sur les coléoptiles de réaction, pour devenir totalement inefficaces vers le quinzième jour. Ces têtards en inanition sont petits et leur taille paraît rester stationnaire.

Les têtards du deuxième lot, par contre, élaborent régulièrement des substances actives, jusqu'à l'apparition des pattes postérieures, stade auquel nous avons cessé nos recherches.

Les résultats que nous donnons ici concernent des recherches qui ont porté sur plusieurs pontes de *Discoglossus pictus* Otth. La segmentation des



1. Coléoptile témoin, porteur d'un cube d'agar pur. — 2. Coléoptile témoin, porteur d'un cube d'agar imprégné d'urine diluée. — 3. Coléoptile ayant reçu un bloc d'agar imprégné d'une purée de têtards soumis au jeûne depuis 5 jours. — 4. Coléoptile ayant reçu un bloc d'agar imprégné d'une purée de têtards du même âge, mais normalement alimentés. — 5. Coléoptile ayant reçu un bloc d'agar imprégné d'une purée de têtards soumis au jeûne pendant 10 jours. — 6. Coléoptile ayant reçu un bloc d'agar imprégné d'une purée de têtards du même âge que précédemment, mais normalement alimentés. — 7. Coléoptile ayant reçu un bloc d'agar imprégné d'une purée de têtards soumis au jeûne pendant 15 jours. — 8. Coléoptile ayant reçu un bloc d'agar imprégné d'une purée de têtards du même âge que les précédents, mais normalement alimentés.

œufs et le développement des jeunes têtards se sont effectués à une température voisine de 20°.

Toutes nos expériences ont été faites avec deux témoins, l'un recevant un bloc d'agar pur, l'autre un cube d'agar pur imprégné, soit de salive humaine, soit d'urine. Ces deux liquides, comme l'ont montré Went et Kögl d'Utrecht, contiennent des auxines d'une manière constante.

Dans tous nos essais, les substances à étudier, aussi bien que les substances témoins, ont été placées sur l'agar pendant des temps égaux. Les blocs d'agar ont toujours été collés sur les coléoptiles réactifs à la même heure; on sait, en effet, que la sensibilité des coléoptiles vis-à-vis des auxines varie au cours de la journée.

Les photographies ci-dessus rendent compte des résultats que nous avons obtenus.

Nous pouvons donc conclure :

que, chez *Discoglossus pictus* Otth., des substances qui fonctionnent comme les auxines végétales persistent durant toute la vie larvaire du têtard normal;

et que d'autre part, à partir du quinzième jour, à une température de 20°, le jeûne fait disparaître plus ou moins vite ces substances.

La séance est levée à 15h30m.

A. Lx.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 14 SEPTEMBRE 1936.

PRÉSIDENCE DE M. ROBERT BOURGEOIS.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

PROTISTOLOGIE. — *Sur un Protiste parasite du Cilié* Fabrea salina *Henneguy :* Gregarella fabrearum, *n. gen.*, *n. sp.*, *et son évolution.* Note (¹) de M. **Edouard Chatton** et Mlle **Simone Brachon**.

Le Cilié Hétérotriche *Fabrea salina* est l'un des organismes les plus fréquents et les plus abondants du plancton des marais salants dans la région de Sète. Il est, pendant la saison chaude, presque constamment parasité par un Protiste, que nous ne pouvons, quoique son cycle, d'ailleurs très simple, nous soit connu, incorporer avec certitude à aucun groupe défini de Protozoaires. Alors que l'infection s'éteint dans la nature en hiver, nous l'entretenons d'un bout de l'année à l'autre au laboratoire, sur des *Fabrea* en culture et pouvons, à volonté, la répandre dans d'autres cultures de ces Ciliés indemnes. Il nous a été facile, dans ces conditions, de suivre sans lacunes son évolution.

Le parasite, en état de vie végétative, se présente sous l'aspect de minuscules Grégarines, fusiformes ou tronconiques, uninucléées, incolores, de 10 à 15$^{\mu}$ de long et de 3 à 5$^{\mu}$ de large, fixées par une extrémité légèrement aplatie en ventouse, soit à la paroi des vacuoles digestives (gastrioles), soit à la surface du corps, au pôle postérieur de celui-ci, là où, autour du cytopyge, il est dépourvu de cils.

En surveillant l'infestation expérimentale, on voit qu'elle commence par les gastrioles et que les premiers vermicules externes n'apparaissent que

---

(¹) Séance du 31 août 1936.

lorsque les premières gastrioles parasitées sont venues y décharger leur contenu et libérer leurs parasites, ce qui, dans le cas particulier, est de règle. Ceux d'entre eux qui ne sont pas projetés à distance adhèrent immédiatement à la pellicule du pôle postérieur. Ils peuvent s'y accumuler en touffes denses, visibles à faible grossissement.

Au cours de la cyclose des gastrioles les vermicules, qui ont été ingérés isolément, se multiplient par constriction transversale équatoriale. Ils continuent de le faire à l'extérieur, lentement tant qu'ils adhèrent au Cilié, plus rapidement et pendant une douzaine d'heures, s'ils sont détachés ou restent libres. Ils diminuent alors de taille.

Ces vermicules sont absolument nus. Ils ont un seul noyau à gros caryosome dont la division est d'allure promitotique. Ils ne montrent à aucun moment ni cinétosomes, ni flagelles, ni pseudopodes. Leurs déformations sont fort lentes et aboutissent toujours, en fin de compte, à l'état sphérique. Ils le revêtent parfois déjà dans les gastrioles, ou fixés au pôle postérieur. Ils le présentent toujours, au bout d'un jour au plus, quand ils survivent détachés de l'hôte. Mais, dans tous ces cas, ils demeurent nus et uninucléés. Leur cytoplasme se charge cependant de grosses enclaves protidiques réfringentes.

Nous avons pu établir que ces formes sphériques se conservent, morphologiquement et cytologiquement parlant, pendant au moins 16 jours, et nous avons pu infester des *Fabrea* indemnes avec des sphérules âgées de 6 jours.

Nous ne connaissons point au parasite d'autres formes d'évolution ou de résistance. Nous admettons d'ailleurs sans difficulté que les sphérules nues suffisent pour assurer sa conservation durant la saison froide et même pendant la dessiccation estivale. Les travaux de Chatton (1913), Hollande (1921) et Et. Wolff (1927) ont fourni des exemples de la résistance de formes nues aux plus fortes concentrations, allant jusqu'à la cristallisation du sel. E. Chatton (1) a établi, par l'étude de cultures, l'existence d'amibes marines incapables de former des kystes (amibes acystigènes). A. Hollande (2) a rendu acystigène une amibe d'eau douce cystigène, par élévation de la concentration du NaCl jusqu'à 40 pour 1000, et Et. Wolff (3), qui a reproduit ce résultat sur une autre forme, a montré que celle-ci est

(1) *C. R. Soc. Biol.*, 75, 1913, p. 178.
(2) *Arch. Zool. exp.*, 60, 1921, p. 33.
(3) *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 1093.

réviviscente après dessiccation; d'où cette suggestion que, dans la résistance des formes enkystées, l'état du cytoplasme est pour davantage que l'existence et la qualité de l'enveloppe. Plus récemment E. Chatton et B. Biecheler (observation inédite) constatent que les Coccidinides, Gymnodiniens coccidiomorphes parasites des Péridiniens, qui vivent dans les mêmes milieux que la *Gregarella* résistent, sous leur forme végétative, à la précipitation du sel et sporulent après sa redissolution.

D'une structure et d'une évolution aussi simples, que conclure quant aux affinités de l'organisme en cause? L'absence d'une membrane interdit tout rapprochement avec les Algues et les Champignons, malgré le caractère de la scission transversale. Celui-ci élimine, en principe, une parenté avec les Flagellés. Mais nous connaissons maint Flagellé (Chlamydomonadines, Tétramastigines) où la scission longitudinale originelle fait place, par suite du jeu asynchronique des différents constituants cellulaires au cours de la division [asynchrodiérèses de E. Chatton ([1])], à une division transversale.

Ce qui nous paraît le plus rationnel est de considérer le parasite des *Fabrea* comme un Flagellé qui, du fait de son parasitisme, aurait perdu sa cinétide, responsable de la scission longitudinale, et serait ainsi revenu à l'obédience des lois les plus générales des scissions cytoplasmiques.

Nous ne connaissons aucune mention de cet organisme dans la bibliographie protistologique et le donnons comme nouveau en tant que genre et espèce, sous le nom de *Gregarella fabrearum*. Il constituera le type de la famille des *Gregarellidæ*, dans un groupe des *Apomastigina*, que nous proposons d'annexer aux *Flagellata*.

PLIS CACHETÉS.

Les Héritiers d'Eugène Lagrange demandent l'ouverture d'un pli cacheté reçu en la séance du 5 juillet 1897 et enregistré sous le n° 5932.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient une Note sur la possibilité de se servir d'un tube à vide comme récepteur microphonique sans pile.

(Renvoi à la Section de Physique.)

([1]) *Arch. Zool. Ital.*, 16; *Att. del'* XI *Congresso int. d. Zool., Padova*, 1930.

CORRESPONDANCE.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur le développement en série de fonctions orthogonales, des fonctions analytiques de deux variables complexes.* Note [1] de M. **Alexandre Ghika**.

Soient, dans le plan de la variable (z), un domaine D situé à distance finie, simplement ou multiplement connexe d'ordre fini, limité par une frontière rectifiable C, et D_e le domaine complémentaire du domaine D par rapport au plan.

De même, soient, dans le plan de la variable (z'), un domaine D' de frontière C', ayant une définition analogue au précédent et D'_e le domaine complémentaire du domaine D' par rapport au plan.

Appelons, pour plus de simplicité, $\Omega(C, C')$ l'ensemble de toutes les fonctions f des variables z et z' :

1° définies le long de C et C' et telles que l'intégrale au sens de M. Lebesgue

$$\int_{C'}\int_{C}|f(z, z')|^2\, ds\, ds' \qquad (ds = |dz|,\ ds' = |dz'|)$$

soit finie;

2° vérifiant la condition

$$\int_{C}\int_{C'}\frac{f(z, z')}{(z-x)(z'-x')}\,dz\,dz' = 0$$

dans les trois cas suivants :

a. x intérieur à D et x' intérieur à D'_e;
b. x intérieur à D_e et x' intérieur à D'_e;
c. x intérieur à D_e et x' intérieur à D';

et enfin

3° définies dans les domaines ouverts D et D' par l'équation

$$f(x, x') = -\frac{1}{4\pi^2}\int_{C}\int_{C'}\frac{f(z, z')}{(z-x)(z'-x')}\,dz\,dz'.$$

---

(1) Séance du 31 août 1936.

Soient $[\varphi_m(z)]$ (¹) un système de fonctions rationnelles orthogonales et normales le long de C, relativement complet par rapport aux fonctions appartenant à l'ensemble $\Omega(C)$ et $[\psi_n(z')]$ un système analogue au précédent, relativement complet par rapport aux fonctions appartenant à l'ensemble $\Omega(C')$.

De même, soient $[\mu_n(z)]$ (²) le système de fonctions orthogonales et normales le long de C de la forme

$$\overline{\mu_m(z)}\frac{ds}{dz} \sim \sum_{i=0}^{+\infty} \xi_{mi}\,\varphi_i(z) + \sum_{i=0}^{m} p_{mi}\frac{1}{(z-a)^{i+1}},$$

relativement complet par rapport aux fonctions de $\Omega(C)$ et le système analogue $[\nu_n(z')]$ de la forme

$$\overline{\nu_n(z')}\frac{ds'}{dz'} \sim \sum_{j=0}^{+\infty} \eta_{nj}\,\psi_j(z') + \sum_{j=0}^{m} q_{nj}\frac{1}{(z'-a')^{j+1}},$$

relativement complet par rapport aux fonctions de $\Omega(C')$; a et a' étant deux points intérieurs respectivement aux domaines D et D'.

Enfin soient aussi $[\chi_m(z)]$ le système de fonctions orthogonales et normales le long de C de la forme

$$\overline{\chi_m(z)}\frac{ds}{dz} \sim \sum_{i=0}^{+\infty} \gamma_{mi}\,\varphi_i(z) + \sum_{i=0}^{m} r_{mi}\frac{1}{z-a_i},$$

relativement complet par rapport aux fonctions de $\Omega(C)$, et $[\omega_n(z')]$ le système analogue de la forme

$$\overline{\omega_n(z')}\frac{ds'}{dz'} \sim \sum_{j=0}^{+\infty} \delta_{nj}\,\psi_j(z') + \sum_{j=0}^{n} s_{nj}\frac{1}{z'-a'_j}$$

relativement complet par rapport aux fonctions de $\Omega(C')$; $[a_i]$ et $[a'_j]$ étant deux suites de points complètement intérieures aux domaines D et D'.

La condition nécessaire et suffisante pour qu'une fonction f, appartienne à l'ensemble $\Omega(C, C')$ est qu'elle soit de la forme

$$(1)\qquad f(x, x') = \sum_{m=0}^{+\infty}\sum_{n=0}^{+\infty} f_{mn}\,\varphi_m(x)\,\psi_n(x')$$

(¹) *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 278.

(²) *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 2127.

ou

$$(2)\qquad f(x, x') = \sum_{m=0}^{+\infty} \sum_{n=0}^{+\infty} g_{mn}\mu_m(x)\,\nu_n(x')$$

ou

$$(3)\qquad f(x, x') = \sum_{m=0}^{+\infty} \sum_{n=0}^{+\infty} h_{mn}\chi_m(x)\,\omega_n(x'),$$

les coefficients f_{mn}, g_{mn} *et* h_{mn} *étant tels que les séries*

$$\sum_{m=0}^{+\infty} \sum_{n=0}^{+\infty} |f_{mn}|^2, \qquad \sum_{m=0}^{+\infty} \sum_{n=0}^{+\infty} |g_{mn}|^2, \qquad \sum_{m=0}^{+\infty} \sum_{n=0}^{+\infty} |h_{mn}|^2$$

soient convergentes.

Ces coefficients sont de la forme

$$f_{mn} = \int_C \int_{C'} f(z, z')\,\overline{\varphi_m(z)}\,\overline{\psi_n(z')}\,ds\,ds',$$

$$g_{mn} = -4\pi^2 \sum_{i=0}^{+\infty} \sum_{j=0}^{+\infty} p_{mi}q_{nj}\,\frac{1}{i\,!\,j\,!}\,\frac{\partial^{i+j} f(a, a')}{\partial a^i \partial a'^j}$$

et

$$h_{mn} = -4\pi^2 \sum_{i=0}^{+\infty} \sum_{j=0}^{+\infty} r_{mi}s_{nj}\,f(a_i, a'_j).$$

Les séries (1), (2) *et* (3) *sont convergentes en moyenne du second ordre le long de* C *et* C′, *et absolument et uniformément dans tout domaine* D_i *et* D'_i *respectivement complètement intérieurs à* D *et* D′.

MÉCANIQUE. — *La rotation de l'ellipsoïde hétérogène étudiée au moyen des fonctions de Lamé.* Note de M. **Marcel Mendes**, transmise par M. Ernest Esclangon.

Considérons une masse liquide, dont les éléments s'attirent suivant la loi de Newton, formée de couches homogènes en nombre fini n, de densités allant en croissant de la surface vers l'intérieur, séparées par des ellipsoïdes ayant mêmes axes et tournant autour de l'axe des x.

Soient S_1, S_2, ..., S_n les surfaces de ces ellipsoïdes (S_1 ellipsoïde extérieur), ρ_1, ρ_2, ..., ρ_n les densités respectives des couches, η_1, η_2, ..., η_n les différences $\rho_1 - 0$, $\rho_2 - \rho_1$, ..., $\rho_n - \rho_{n-1}$.

1. Le fait de considérer l'ellipsoïde S_p comme appartenant à la famille de quadriques homofocales

$$\frac{x^2}{\lambda^2 - a_p^2} + \frac{y^2}{\lambda^2 - b_p^2} + \frac{z^2}{\lambda^2 - c_p^2} - 1 = 0$$

permet d'écrire au moyen des fonctions de Lamé les conditions d'équilibre de la surface S_p.

On obtient deux expressions pour la rotation en un point de S_p; les supposant égales, on retrouve rapidement les résultats de M. Hamy :

a. Pour que tous les points d'un même ellipsoïde soient animés d'une même rotation, il faut que les ellipsoïdes S_p *soient tous homofocaux entre eux.*

b. Une masse fluide en équilibre relatif ne peut admettre des ellipsoïdes comme surfaces de séparation de ses différentes couches.

2. Nous supposons dans la suite les ellipsoïdes homofocaux et de révolution (on est alors assuré de l'égalité des deux expressions de la rotation) et considérons comme donnée la masse de chacun des liquides.

Les ellipsoïdes S_p appartiennent à la famille

$$\frac{x^2}{\rho^2 - a^2} + \frac{y^2 + z^2}{\rho^2 - b^2} - 1 = 0 \qquad (a > b).$$

Posant

$$\rho^2 - a^2 = \sigma^2, \qquad a^2 - b^2 = \tau^2,$$

le moment de rotation du fluide est égal à

$$\mu = \frac{8\pi}{15} \sum_{p=2}^{n+1} \rho_{p-1} \int_{\sigma_p}^{\sigma_{p-1}} \omega(\sigma^2 + \tau^2)(5\sigma^2 + \tau^2)\, d\sigma = \frac{8\pi}{15} \sum_{p=2}^{n+1} \rho_{p-1} K_{p-1}.$$

L'étude de la variation de μ lorsque τ varie de 0 à $+\infty$ revient à celle de l'intégrale K_{p-1}.

La conservation de la masse de chaque liquide se traduit par des relations de la forme

$$\sigma_k(\sigma_k^2 + \tau^2) = \text{const.},$$

qui relient σ_k à τ.

Compte tenu de cette dépendance, on peut écrire

$$\frac{dK_{p-1}}{d\tau} = \int_{\sigma_p}^{\sigma_{p-1}} U_{p-1}\, d\sigma$$

avec

$$U_{p-1} = \frac{\sigma^2 + \tau^2}{\omega} \left[\sum_{r=1}^{p-1} A_r \eta_r + \sum_{q=p}^{n} A_q \eta_q \right],$$

et l'on démontre que tous les coefficients A_q, A_r sont positifs. On en déduit le résultat suivant :

Lorsque τ *varie de* o *à* $+\infty$, *le moment cinétique* μ *croît constamment de* o *à* $+\infty$.

3. La méthode de Poincaré appliquée aux ellipsoïdes précédents permet d'en déduire des figures infiniment voisines, obtenues en ajoutant à chaque ellipsoïde une couche infiniment mince de volume algébrique nul, avec conservation de la rotation lorsqu'on passe d'un point de S_p à son dérivé. Il y a une infinité de conditions à vérifier qui se décomposent en systèmes de *n* équations linéaires et homogènes par rapport aux coefficients qui définissent la hauteur de la couche en chaque point. On obtient une nouvelle figure si le déterminant d'un de ces systèmes est nul. On démontre que chacun de ces systèmes ne peut avoir plus d'une solution.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur la formation des tourbillons de convection, dans une couche gazeuse, sous des épaisseurs de l'ordre de quelques centimètres.* Note (¹) de M. **Douchan Avsec**, transmise par M. Henri Villat.

Les recherches sur les tourbillons polygonaux et les tourbillons en bandes dans une couche gazeuse, uniformément chauffée par-dessous, sont encore peu nombreuses. Les expérimentateurs se sont contentés de montrer leur existence (²) et d'étudier quelques-unes de leurs transformations intéressantes, où ils voyaient une analogie avec des phénomènes nuageux (³).

Presque tous signalent qu'ils ne pouvaient pas former de tourbillons réguliers quand ils tentaient d'augmenter l'épaisseur de la couche au delà de 1cm. MM. T. Terada et M. Tamano (⁴) seuls mentionnent en passant des expériences sous l'épaisseur de 3cm, sur lesquelles ils ne donnent nulle part de précision.

Pour approfondir l'étude du problème donné, nous nous sommes proposé de former des tourbillons convectifs sous des épaisseurs de l'ordre de

(¹) Séance du 31 août 1936.

(²) P. Idrac, *Thèse*, Paris, 1921.

(³) A. C. Phillips et G. T. Walker, *Quart. Journ. Roy. Meteor. Soc. London*, 58, 1932, p. 24; A. Graham, *Phil. Trans. Roy. Soc. London*, série A, 232, 1933, p. 285-296.

(⁴) *Rep. Aer. Res. Inst. Tókyó*, 4, xii, 1929, p. 448.

quelques centimètres. Nous estimions qu'un appareil soigneusement construit et les procédés expérimentaux convenablement appliqués pourraient suffire.

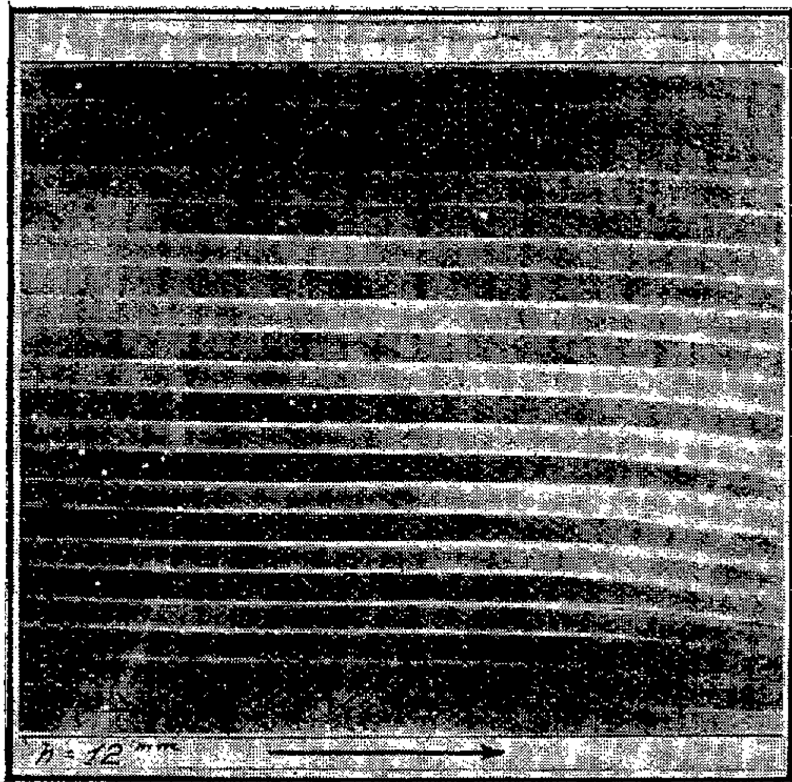


Fig. 1.

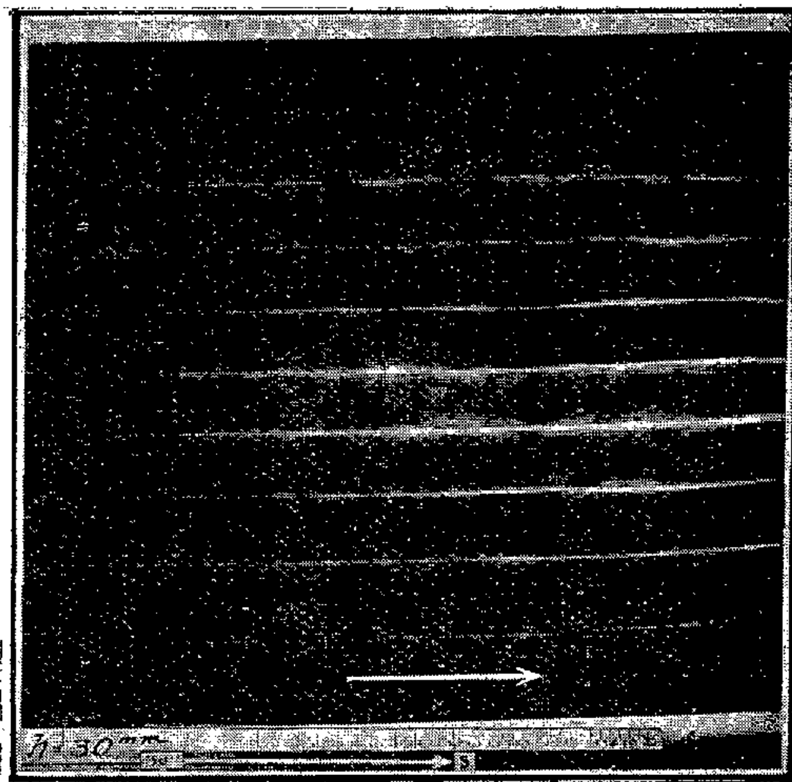


Fig. 2.



Fig. 3.

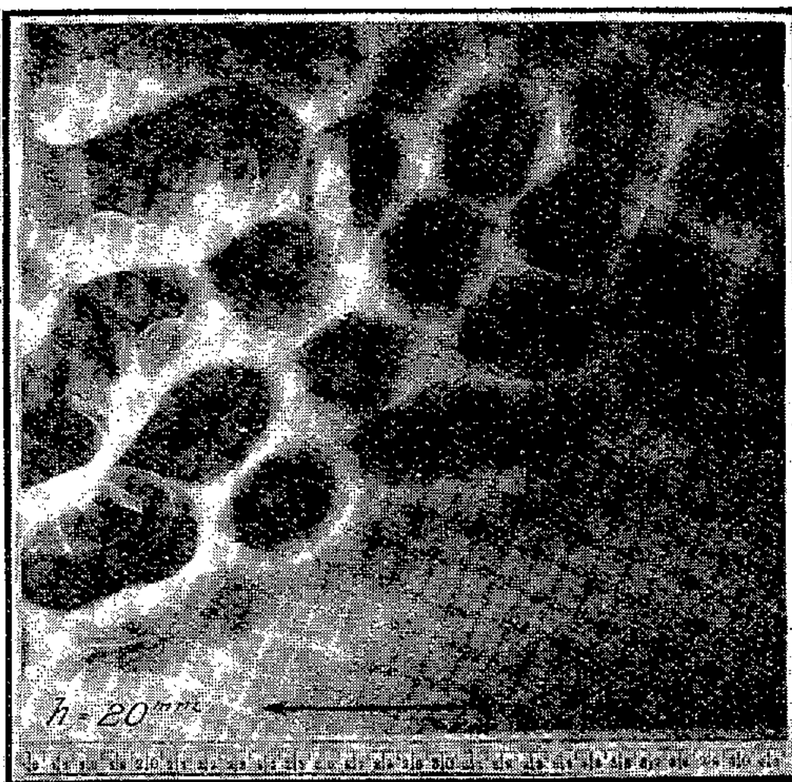


Fig. 4.

Les prévisions furent pleinement confirmées. Nous pouvons obtenir dès à présent des tourbillons en bandes de 1 à 5^{cm}. Pour les rendre visibles, nous avons adopté la fumée de tabac. Les photographies 1, 2 et 3 montrent les

tourbillons en bandes sous les épaisseurs de 12, 30 et 50^{mm}. Ils sont rectilignes et dirigés dans le sens du courant général. Dans la figure 1, nous avons des particularités dignes de remarque. La figure 2 représente le cas le plus fréquent, lorsque les contours des rouleaux se projettent sous la forme des lignes blanches. Sur la figure 3 on peut distinguer les trajectoires hélicoïdales du mouvement interne, constituées par le filament fin de la fumée de tabac.

La formation des cellules polygonales est plus délicate. La fumée de tabac diffuse trop vite pour permettre la visibilité parfaite de la formation finale. La figure 4 ne représente que l'apparition des cellules polygonales sous une épaisseur de 20^{mm}.

Les difficultés expérimentales augmentent toujours dans le cas des tourbillons en bandes quand l'épaisseur augmente. Dans notre appareil on ne pourra pas dépasser de beaucoup l'épaisseur de 5^{cm}, parce que la longueur du canal devient trop courte pour assurer l'uniformité suffisante du courant général. En augmentant les dimensions de l'appareil on peut prévoir la production des tourbillons en bandes encore plus gros.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur les tubes à vapeur de mercure à haute pression pour l'éclairage de fumées dans les études d'aérodynamique.* Note (1) de MM. **J. Valensi** et **J. Sobiesky**, transmise par M. Henri Villat.

Il est indiqué dans l'étude aux fumées de l'écoulement de l'air autour des obstacles d'observer les fumées en éclairant vivement une tranche mince (2). Ainsi que l'ont fait d'autres expérimentateurs nous avions réalisé un tel éclairage à l'aide d'un système de lentilles cylindriques placé devant un arc à charbons.

Nous nous sommes cependant posé tout dernièrement le problème du remplacement de l'arc par une source linéaire à grand éclat; l'emploi d'une telle source est évidemment plus rationnel vu le but recherché.

A cet effet nous avons entrepris des études sur les tubes à vapeur de mercure à haute pression; l'un de nous a réalisé un certain nombre de lampes en quartz qui nous ont permis d'approfondir le problème posé.

---

(1) Séance du 18 août 1936.

(2) *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 634.

Les tubes qui nous ont donné les meilleurs résultats sont constitués de la manière suivante : tube éclairant horizontal de 40^{mm} de long et 1^{mm} de diamètre intérieur ; électrodes verticales constituées par des tubes de quartz remplis de mercure, l'arrivée du courant se faisant par fil de tungstène ; un water-jacket en quartz entourant le tube éclairant permet le refroidissement à l'aide d'un courant d'eau.

Le tube éclairant contient de l'argon sous une très faible pression.

Nous avons fait fonctionner de telles lampes sur courant continu, l'amorçage se faisant à l'aide d'une bobine de self et d'un interrupteur dans le vide. La figure 1 représente les courbes de la tension aux bornes d'une de

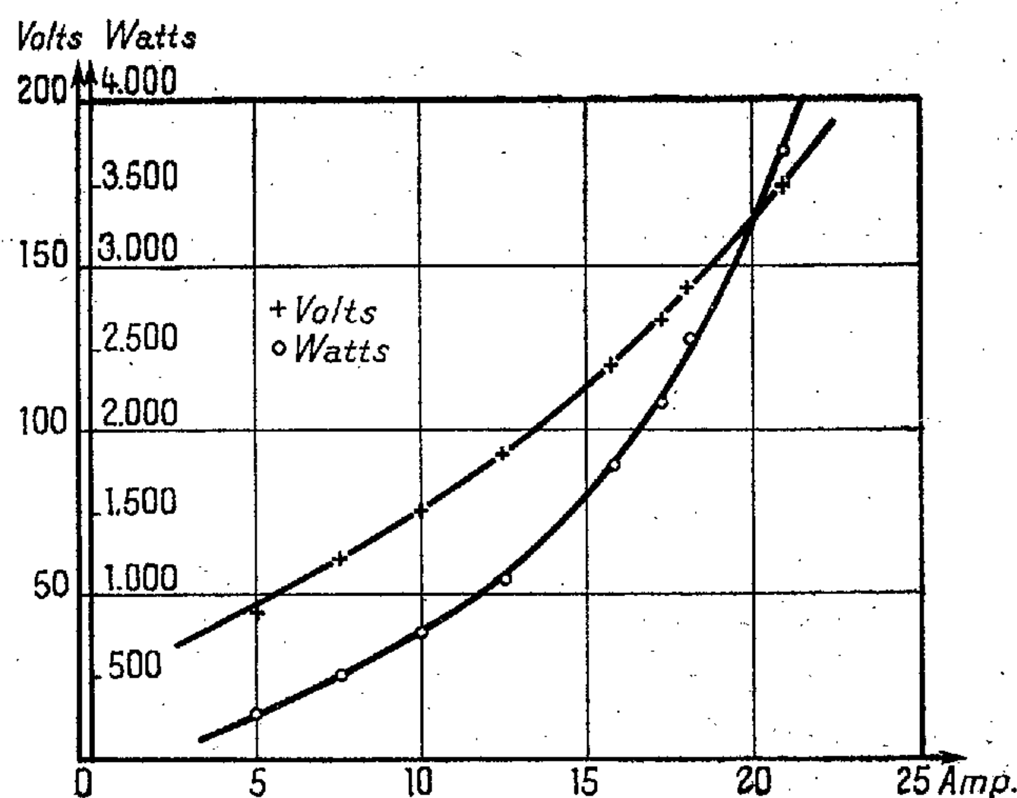


Fig. 1.

ces lampes en fonction de l'intensité du courant qui la traverse, ainsi que les courbes de puissance absorbée.

Avec une puissance absorbée de 3500 watts, nous avons réalisé des photographies de fumée aussi bonnes que celles obtenues dans des conditions analogues avec un arc à charbons de 50 ampères.

Il convient d'ailleurs d'ajouter que la lampe à vapeur de mercure permet d'obtenir une tranche éclairée excessivement mince (de l'ordre du millimètre) alors que le cratère positif de l'arc à charbons, de dimension non négligeable, ne le permet pas.

Nous avons étudié également l'emploi de tubes à vapeur de mercure pour la stroboscopie, en alimentant de tels tubes à l'aide du *stroborama Seguin*.

Pour obtenir un éclat important, le diamètre intérieur du tube éclairant doit être alors de l'ordre du quart de millimètre.

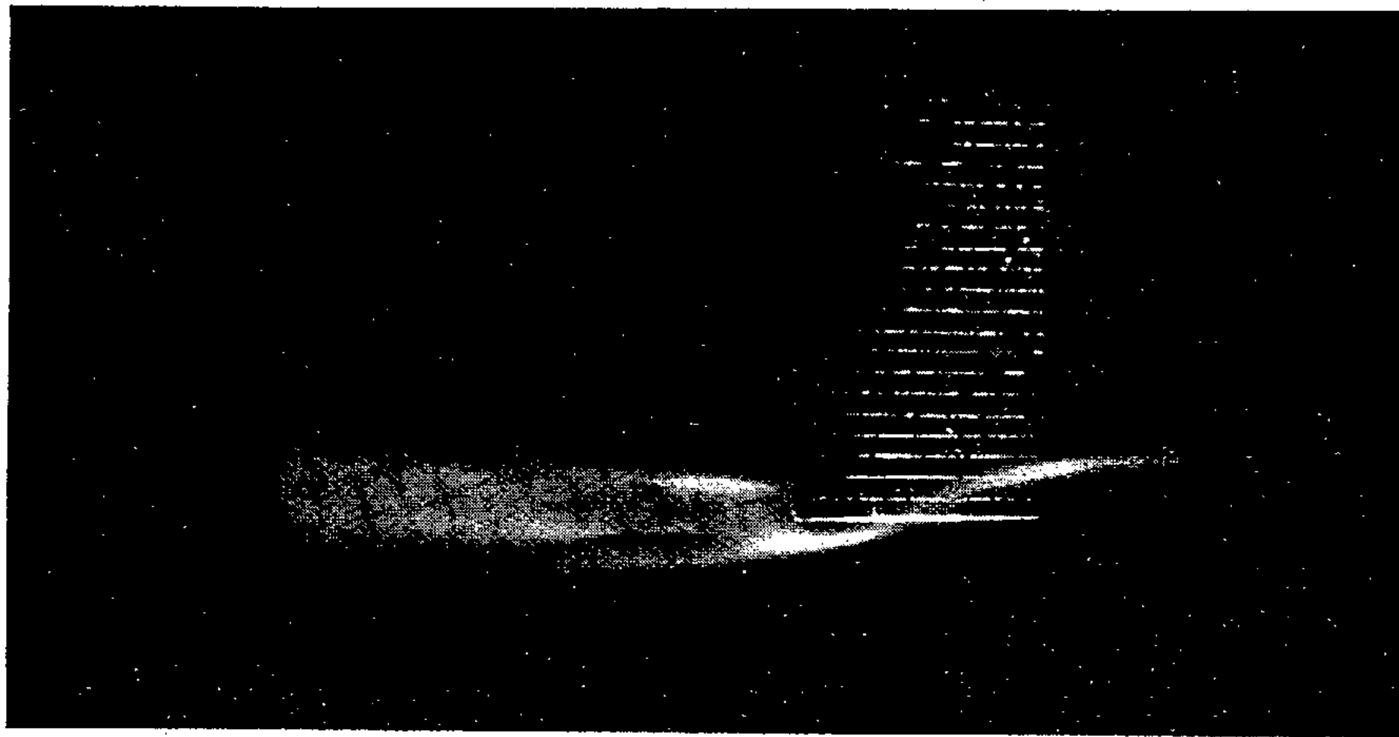


Fig. 2.

Nous utiliserons l'éclairage stroboscopique d'une tranche plane très mince dans l'étude du champ aérodynamique de l'hélice en présence de

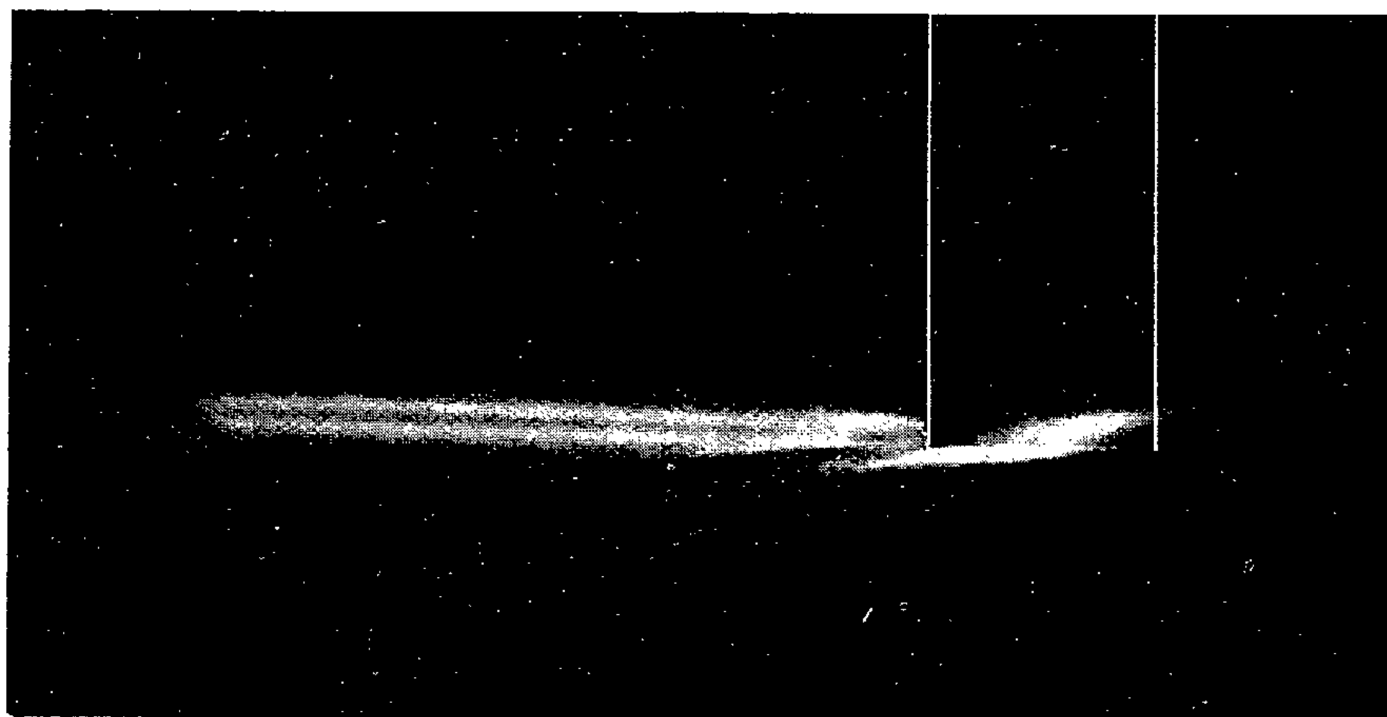


Fig. 3.

l'avion, par la mesure, d'après photographies, du pas des tourbillons marginaux.

Les photographies ci-dessus, qui témoignent du bon fonctionnement de

nos tubes, montrent le tourbillon marginal issu d'une aile à l'incidence de portance maxima. La vitesse d'essai est 20 m/s.

La figure 2 est exécutée à l'aide d'un tube à vapeur de mercure alimenté en courant continu; c'est un instantané au 1/60e de seconde. Le phénomène n'étant pas plan, pour obtenir la photographie des trajectoires des particules de fumée nous avons dû éclairer une tranche de 12mm d'épaisseur.

La figure 3 est exécutée à l'aide d'un tube à vapeur de mercure alimenté avec le stroborama. Au moment de la photographie la fréquence des éclairs était 50 et l'obturateur est resté ouvert pendant une seconde. La tranche éclairée qui est très mince montre alors une coupe plane médiane du tube tourbillon.

ÉLECTRONIQUE. — *Sur les propriétés d'un électron qui roule sans glisser et dont le rayon varie en raison inverse de la vitesse.* Note (1) de M. **Théodore V. Ionescu**, transmise par M. Aimé Cotton.

Nous supposerons que l'électron tourne et avance en même temps comme si la charge était fixée à la surface d'un cylindre qui roulerait sans glissement sur un plan. Si le cylindre reste en contact avec une des faces du plan, en avançant toujours dans le même sens, il y aura pour le cylindre un sens de rotation bien déterminé; s'il reste en contact avec l'autre face la rotation changera de signe. De même l'électron qui avancera dans un sens déterminé pourra avoir deux sens de rotation. Nous supposerons encore que le rayon ρ de l'électron varie en raison inverse de la vitesse.

De ces deux hypothèses nous devrions déduire toutes les propriétés de l'électron, soit qu'il se meuve librement dans l'espace, soit qu'il fasse partie de l'atome. Nous examinerons quelques-unes de ces propriétés.

1. Davisson et Germer et G. P. Thomson, ainsi que de nombreux autres chercheurs, ont montré que l'électron peut donner des phénomènes de diffraction comme s'il était constitué par des ondes dont la longueur se calcule à l'aide de la formule de Louis de Broglie $\lambda = h/mv$.

Si l'électron considéré par nous avance dans une seconde d'une longueur égale à v et si nous posons $\rho = k/v$, on aura pour la fréquence de rotation ν

$$\nu = \frac{v}{2\pi\rho} = \frac{v^2}{2\pi k} \quad \text{ou} \quad 2\pi\nu k = v^2 = \omega k.$$

(1) Séance du 7 septembre 1936.

Si nous multiplions par m les deux membres, nous aurons $2\pi\nu km = mv^2$.

Puisque la fréquence de rotation est proportionnelle à l'énergie, nous poserons $mv^2 = h\nu = 2\pi\nu km$. Cette relation donne

$$k = \frac{h}{2\pi m}, \qquad \rho = \frac{h}{2\pi mv} \qquad \text{et} \qquad \lambda = \frac{h}{mv}.$$

2. Le moment magnétique de l'électron tournant (spin) est donné par

$$\frac{\rho^2\pi}{c} \times e\frac{\omega}{2\pi} = \frac{k^2}{v^2}\frac{\pi}{c} \times e\frac{v^2}{2\pi k} = \frac{h}{4\pi c} \times \frac{e}{m}.$$

3. Le moment cinétique peut être trouvé en décomposant l'énergie de l'électron en deux parties : l'énergie cinétique E_r due au mouvement de rotation et l'énergie cinétique E_t due au mouvement de translation. Soit un point matériel de masse μ dont le rayon ρ et la pulsation ω sont donnés par les formules précédentes, on aura

$$E_r = \frac{1}{2}\mu\omega^2\rho^2 = \frac{1}{2}\mu\frac{v^4}{k^2} \times \frac{k^2}{v^2} = \frac{1}{2}\mu v^2.$$

Pour le mouvement de translation, on trouve

$$E_t = \frac{1}{2}\mu v^2.$$

Donc l'énergie de rotation est égale à l'énergie de translation et

$$\frac{1}{2}m v^2 = \frac{1}{2}\mu v^2 + \frac{1}{2}\mu v^2;$$

cette relation donne $\mu = m/2$.

Puisque par hypothèse l'électron ne peut pas avoir un mouvement de translation sans acquérir la rotation correspondante, la masse de l'électron reste bien celle donnée par l'expérience, c'est-à-dire m.

Le moment cinétique sera

$$\frac{d}{d\omega}\left(\frac{1}{2}\mu\omega^2\rho^2\right) = \mu\omega\rho^2 = \frac{m\omega\rho^2}{2} = \frac{1}{2} \times \frac{h}{2\pi}.$$

On trouve donc la valeur donnée par la spectroscopie pour le moment cinétique du spin.

4. La conception de l'électron exposée plus haut est compatible avec l'explication des spectres dérivant de la considération du modèle indiqué par N. Bohr de l'atome d'hydrogène. En effet calculons le rayon ρ de

l'électron tournant sur une orbite d'ordre n. La vitesse de l'électron sur une orbite d'ordre n, si la charge du noyau est $+Ze$, est

$$v = \omega a = \frac{\omega_0}{n^3} Z^2 \times \frac{a_0 n^2}{Z} = \omega_0 a_0 \frac{z}{n} = \frac{2\pi e^2}{h} \frac{z}{n}.$$

Remarquons aussitôt que le rapport de la vitesse de l'électron sur une orbite d'ordre n à la vitesse c de la lumière est

$$\frac{v_n}{c} = \frac{2\pi e^2}{ch} \times \frac{Z}{n} = \frac{1}{137,2} \times \frac{Z}{n}.$$

Le rayon de l'électron est donné par

$$\rho = \frac{k}{v} = \frac{\dfrac{h}{2\pi m}}{\dfrac{2\pi e^2}{h} \dfrac{Z}{n}} = \frac{h^2}{4\pi^2 e^2} \frac{n}{Z} = a_0 \frac{n}{Z}.$$

Le rayon de l'électron tournant sur l'orbite d'ordre n est proportionnel à n, tandis que le rayon de l'orbite d'ordre n est proportionnel à n^2.

Tout se passe comme si l'électron roulait sans glisser sur l'orbite d'ordre n et faisait exactement n rotations sur cette orbite. Puisque à une rotation complète de l'électron correspond une longueur d'onde λ, la longueur de l'orbite d'ordre n est égale à $n\lambda$.

5. Passons maintenant à l'oscillateur harmonique. Si nous rejetons la valeur $\rho = \infty$ pour le rayon de l'électron, la vitesse de celui-ci ne pourra jamais être égale à zéro, donc l'électron devra osciller (tourner) autour de la position d'équilibre avec la fréquence propre ν_0 du système. Dans ce cas, on aura

$$E_0 = \frac{1}{2} m v_0^2 = \frac{h\nu_0}{2}.$$

Cette condition est bien demandée par la théorie quantique des spectres.

SPECTROSCOPIE. — *Spectre K et électrons de conductibilité de l'aluminium solide et liquide.* Note ([1]) de M. **Jules Farineau**, transmise par M. Charles Fabry.

On a récemment mesuré avec précision les longueurs d'onde des raies K de l'aluminium solide ([2]). Nous avons repris ces recherches avec de l'aluminium solide et liquide en étudiant spécialement la structure des bandes β, qui nous renseigne sur la répartition des électrons de conductibilité.

Nous avons construit et utilisé un spectrographe dans le vide à mica courbé, de grande luminosité. L'aluminium solide donne les principales raies suivantes, dont les bords de courte longueur d'onde ont pour position :

$$\beta_x 7937 \text{ U.X}, \quad \beta_{III} 7811, \quad \beta_{IV} 7779, \quad \beta_V 7900.$$

β_x et β_{III} ont respectivement pour largeur 12,2 volts $\pm$ 0,6 et 11 volts $\pm$1. Les autres raies sont trop faibles ou recouvertes par β_x ou β_{III}, de sorte que leur largeur, qui semble du même ordre de grandeur que celle de β_x, ne peut être mesurée avec précision. L'analyse précise de ces bandes au microphotomètre montre que l'intensité croît depuis zéro à partir du bord de grande longueur d'onde, puis reste sensiblement constante à partir de 6 volts de ce bord pour devenir brusquement nulle aux environs de 12 volts.

Si l'on admet que les électrons M de l'aluminium sont libres, on trouve que tous les électrons doivent occuper, dans le métal, une bande d'énergie de 11,6 volts. β_x et ses satellites sont dus au passage de ces électrons sur le niveau K de l'atome neutre ou ionisé. Ceci semble confirmé par l'existence d'un satellite L très faible que nous avons trouvé à 126 Å et dont la fréquence est égale à la différence des fréquences de β_{III} et α_{12}. Houston ([3]), puis A. Hautot ([4]) ont calculé la répartition de l'intensité d'une raie K, dans l'hypothèse des électrons libres. Leur résultat diffère de celui que nous avons obtenu avec l'aluminium. Nous avons repris leur calcul en utilisant les fonctions d'onde obtenues par approximations en admettant que les élec-

---

([1]) Séance du 7 septembre 1936.

([2]) Siegbahn et Karlsson, *Zeitschrift für Physik*, 88, 1934, p. 71; Kunzl, *Zeitschrift für Physik*, 99, 1936, p. 481.

([3]) *Physical Review*, 38, 1931, p. 1797.

([4]) *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 1399.

trons M sont soumis à un potentiel triplement périodique ayant la période du réseau cristallin. Nous avons trouvé que l'intensité obtenue par Houston est perturbée pour des électrons d'énergies voisines de celles donnant lieu aux réflexions de Bragg étudiées par L. Brillouin [1], l'intensité étant en première approximation un peu supérieure, du côté des grandes longueurs d'onde, à celle obtenue par Houston et inférieure de l'autre côté; la perturbation s'étend de chaque côté de la valeur critique, sur une largeur égale, en première approximation, au coefficient (correspondant au plan donnant la réflexion de Bragg) du développement du potentiel du métal en série triple de Fourier. Ces réflexions se produisent pour 7,2, 9,6 et 12,1 volts. On aurait une forme de raie voisine de celle trouvée expérimentalement en admettant pour ces coefficients des valeurs voisines de 1,5 volt.

Avec l'aluminium *liquide*, on obtient les mêmes raies α et les mêmes positions des bords de courte longueur d'onde des raies β, qu'avec le solide; mais la structure de la rais β_x seule étudiée en détail est différente; elle se rapproche de celle qu'on obtiendrait dans l'hypothèse des électrons libres. On voit toutefois l'intensité devenir nulle pendant une fraction de volt à une distance de 6,5 volts du bord de courte longueur d'onde.

Lorsqu'on augmente la température, l'intensité diminue fortement dans la partie de la raie située du côté des grandes longueurs d'onde (électrons de faible énergie cinétique); on arrive même à obtenir une raie qui paraît n'avoir que 6 volts de large, le bord de courte longueur d'onde étant toujours aussi net et au même endroit. Remarquons qu'un seul électron libre donnerait une raie de 6 volts environ.

Nous voyons donc que, dans le cristal d'aluminium, les trois électrons M sont dans un état voisin de la liberté, mais qu'il existe toutefois une perturbation due aux plans réticulaires du cristal. Ces électrons sont, dans le liquide, dans un état voisin de celui où ils se trouvent dans le solide, mais qui varie avec la température. Ce point, qui est actuellement à l'étude, semble confirmer la théorie cristalline des liquides.

---

(1) *Journal de Physique*, 7e série, **1**, 1933, p. 377.

RAYONS X. — *Mesures du spectre* L *du radium* (88). Note [1] de M. **Horia Hulubei**, transmise par M. Jean Perrin.

J'ai donné [2] la mesure d'une partie des raies principales du spectre L du radium. On trouvera ci-dessous les nombres relatifs à trois autres raies de diagramme plus faibles (Tableau I).

Les deux plus fortes discontinuités d'absorption L : L_{III} et L_{II} avaient été mesurées, pour le radium, par M. de Broglie [3]. J'ai tenu à refaire l'étude du spectre d'absorption L complet, avec une précision comparable à celle que j'ai eue pour le spectre d'émission correspondant.

Le rayonnement d'une anticathode de thorium était filtré à travers une couche mince de chlorure de radium pur (4^{mg} environ), contenu dans un sachet de cellophane. Dans les conditions d'expérience, le temps de pose a été assez court pour que le rayonnement propre du radium ne voile pas le cliché.

Les trois discontinuités apparaissent bien contrastées et sont accompagnées chacune d'une raie blanche, dont deux, celles relatives à L_{III} et L_{II} sont très nettes et ont pu être mesurées.

Les résultats concernant le spectre L d'absorption figurent au Tableau II.

A l'aide des fréquences déterminées d'après les spectres que je viens d'obtenir, j'ai calculé la plupart des niveaux caractéristiques de l'atome de radium; je l'ai fait selon le procédé habituel en prenant pour L_{III} la fréquence d'absorption expérimentale.

Les nombres du Tableau III sont donnés par les moyennes qui apparaissent dans les calculs quand on prend en considération, pour chaque niveau, tous les passages correspondants observés dans l'émission.

Tableau I. — *Spectre d'émission* L *du radium* (suite).

Désignation de la raie.		λ en U. X.	ν/R.
$L_{II}O_{I}$	γ_8	678,7	$1342,6_6$
$L_{III}O_{I}$	β_7	814,5	$1118,8_0$
$L_{III}N_{VI,VII}$	β'_7	816,9	$1115,5_0$

---

(1) Séance du 7 septembre 1936.

(2) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 399.

(3) *Comptes rendus*, 168, 1919, p. 854.

Tableau II. — *Spectre d'absorption* L *du radium.*

Désignation.	λ en U. X. d'après M. de Broglie.	λ en U. X. d'après l'auteur.	ν/R d'après l'auteur.
L_{III} (discontinuité)	802	$801{,}0_9$	$1137{,}5_4$
L_{III} raie blanche	–	$800{,}7_0$	$1138{,}0_9$
L_{II} (discontinuité)	670	$669{,}3_4$	$1361{,}4_4$
L_{II} raie blanche	–	$668{,}9_7$	$1362{,}2_0$
L_I (discontinuité)	–	$643{,}2_8$	$1416{,}7_7$

Tableau III. — *Fréquences de niveaux du radium.*

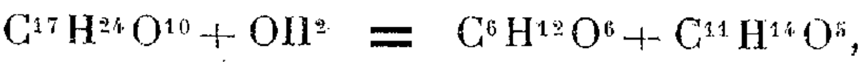
L_{III} abs.......	$1137{,}5_4$	M_I....	$355{,}1_2$	N_I......	$89{,}0_6$	O_I.....	$18{,}7_4$
L_{II}-L_{III} moy...	$223{,}8_5$	M_{II}...	$330{,}6_6$	N_{II}......	$77{,}8_8$	O_{II}.....	$14{,}8^0$
L_{II}...........	$1361{,}3_9$	M_{III}...	$279{,}2_8$	N_{III}.....	$64{,}7_7$	O_{III}.....	$11{,}2_1$
L_{II}-L_{III} moy...	$279{,}3_0$	M_{IV}...	$239{,}2_4$	N_{IV}.....	$46{,}8_2$	O_{IV}.....	$5{,}1_1$
L_I...........	$1416{,}8_4$	M_V...	$228{,}6_8$	N_V......	$44{,}4_2$	$O_{IV,V}$...	$4{,}9_7$
				$N_{VI,VII}$...	$22{,}0_2$	$P_{II,III}$....	$1{,}3_6$

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur le verbenalol, aglucone du verbenaloside.* Note de M. **Jean Cheymol**, présentée par M. Marcel Delépine.

Au cours d'un travail d'ensemble sur les glucides des Verbenacées j'ai été amené à poursuivre les recherches de L. Bourdier sur le verbenaloside, hétéroside cristallisé retiré du *Verbena officinalis* L. (1). Ce corps a été récemment identifié par B. Reichert (2) avec la cornine trouvée par Ph. L. Geiger (3) dans le *Cornus Florida* L. et dont E. R. Miller (4) a donné les propriétés physiques et chimiques principales. La cornine de Ph. L. Geiger étant un corps impur à propriétés acides, non identifié par lui à un hétéroside et le verbenaloside, corps cristallisé pur à constantes bien définies dès l'origine, c'est ce dernier nom qui doit être conservé.

Voici quelques éléments nouveaux sur ce sujet.

L'équation d'hydrolyse par l'émulsine est



$$C^{17}H^{24}O^{10} + OH^2 = C^6H^{12}O^6 + C^{11}H^{14}O^5,$$

(1) *Journ. Pharm. et Chim.*, 27, 1908, 6e série, p. 49 et 101.
(2) *Arch. der Pharm.*, 273, 1935, p. 357.
(3) *Ann. Pharm.*, 14, 1835, p. 206.
(4) *Journ. Amer. Pharmac. Ass.*, 17, 1928, p. 744.

donnant du glucose *d* et une aglucone phénolique, que L. Bourdier et E. R. Miller ne purent isoler. J'ai pu extraire, par traitement à l'éther des solutions d'hydrolyse, ce corps cristallisé et lui ai donné le nom de *verbenalol*.

Les longues aiguilles obtenues par évaporation des solutions éthérées ont un point de fusion de $+133°$, les aiguilles prismatiques obtenues par recristallisation dans l'acide acétique cristallisable fondent à $+140°,5$. Sans odeur, elles ont une saveur douceâtre, ne rappelant nullement la saveur très amère du verbenaloside.

Le verbenalol cristallise anhydre; peu soluble dans l'eau, il est soluble dans l'éther, l'acide acétique, mais est insoluble dans l'éther de pétrole. Il n'est pas entraînable par la vapeur d'eau. Il a un pouvoir rotatoire faiblement lévogyre, par exemple $[\alpha]_D^{19} = -29°,07$ dans l'eau.

Le poids moléculaire par le dosage des méthoxy est de 205, par la méthode au camphre de Rast il est de 208.

Le microdosage élémentaire conduit à la formule $C^{11}H^{14}O^5$. En solution aqueuse, il se colore par le perchlorure de fer, ce qui met en évidence la fonction phénolique le liant au glucose dans l'hétéroside.

Alors que les solutions aqueuses du verbenaloside sont neutres, celles du verbenalol sont acides à la phtaléine, mais il ne se dissout pas dans la solution de bicarbonate de sodium, ce n'est donc pas un acide organique. Les quantités d'alcali nécessaires à la neutralisation augmentent avec le temps de contact. Ces additions alcalines entraînent une inversion du pouvoir rotatoire, le chiffre dextrogyre augmente avec la durée du contact. Après légère acidification les solutions agitées avec l'éther abandonnent du verbenalol qui, redissous, est à nouveau lévogyre. Cette propriété peut faire penser à la présence d'une fonction lactone. Les solutions alcalines se colorent en brun à l'air.

La méthode de Zéréwitinoff permet de caractériser deux oxhydriles et la méthode de Zeisel un méthoxy dans la molécule (¹).

Il ne donne ni combinaisons apparentes avec le bisulfite de sodium ni ne recolore le réactif de Schiff. Ce corps est très réducteur : 1^g réduit la liqueur cupro-alcaline comme $0^g,9338$ de glucose, il précipite le nitrate d'argent ammoniacal avec formation de miroir à froid. Il précipite le réactif de Denigès au sulfate mercurique, l'iodomercurate de potassium en

---

(¹) Toutes les données numériques qui ne peuvent trouver place dans cette Note seront exposées dans un autre Recueil.

milieu alcalin. Traité par l'iode en milieu alcalin il donne de l'iodoforme à odeur et cristaux caractéristiques. La réaction de Legal est rouge, il y a probablement une fonction cétone non fixée directement sur le noyau.

La comparaison des spectres d'absorption dans l'ultraviolet du verbenaloside et du verbenalol indique une différence de structure assez grande entre les deux corps.

L'hydrolyse du verbenaloside par l'acide sulfurique à $2^g,50$ pour 100^{cm^3} donne également du glucose *d* et une aglucone phénolique lévogyre. Les cristaux épars dans l'extrait éthéré n'ont pu être obtenus en quantité suffisante pour vérifier s'il y avait identité avec le verbenalol d'origine fermentaire décrit ci-dessus. Cette hydrolyse acide prolongée entraîne un dégagement d'anhydride carbonique dont le volume gazeux correspond exactement à celui qui pourrait se dégager à partir d'un —COOH dans la molécule.

Avec l'étude de la constitution du verbenaloside, je poursuis sa répartition dans les Verbenacées et plus particulièrement dans le *Verbena officinalis* L où il se trouve à côté d'un polyose, le stachyose, que j'ai extrait à l'état cristallisé des racines et des tiges de cette plante.

GÉNÉTIQUE. — *Influence de la lymphe sur la couleur des yeux* vermilion *chez la Drosophile* (Drosophila melanogaster). Note de MM. **Boris Ephrussi**, **C. W. Clancy** et **G. W. Beadle**, présentée par M. Maurice Caullery.

Partant de ce fait que les yeux du mutant *vermilion* (v) sont transformés en yeux phénotypiquement du type sauvage (+) par implantation dans la cavité générale de larves + [1], un essai a été fait de produire la même transformation par la transfusion de lymphe, qui doit évidemment contenir le principe diffusible (substance v^+) responsable de l'effet observé. Dans cette expérience préliminaire on a utilisé des pupes du type sauvage âgées de 60 heures (comptées à partir de la pupaison) comme donneurs de lymphe et, comme réactif, des pupes double-récessives *vermilion-apricot* ($w^a v$), plus sensibles que le mutant v pur; ces dernières étaient utilisées également 60 heures après la pupaison. Le résultat de cette première expérience a été positif : les yeux des mouches écloses présentaient une pigmentation approchant celle du mutant *apricot*

(1) Boris Ephrussi et G. W. Beadle, *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 1148.

pur ($w^a v^+$), au lieu de la pigmentation plus claire $w^a v$, correspondant à leur constitution génotypique.

Ce premier résultat nous a permis d'effectuer une série d'expériences dont le but était d'établir la période du développement pendant laquelle la substance v^+ est produite par les animaux du type sauvage.

Des larves et des pupes du type sauvage, d'âges variés et connus, ont fourni la lymphe qui a été injectée dans des pupes $w^a v$ d'un âge plus ou moins constant ($\pm$ 60 heures depuis la nymphose). Les résultats de ses expériences ont été les suivants : la lymphe de larves approchant de la métamorphose n'a donné que des résultats négatifs : la substance v^+ n'est apparemment pas encore formée à ce stade. La lymphe de pupes âgées de 3 à 80 heures donne des résultats positifs, témoignant ainsi de la présence de la substance v^+. Enfin la lymphe d'animaux âgés de plus de 80 heures donne de nouveau des résultats négatifs, indiquant la disparition de la substance.

Une deuxième série d'expériences, consistant en l'injection de lymphe de pupes du type sauvage de 60 heures (contenant, par conséquent, la substance v^+) dans des animaux $w^a v$ d'âges variés, devait nous indiquer la période pendant laquelle l'animal recevant l'injection est sensible à l'action de la substance v^+. Ces expériences ont montré que les injections dans des larves prises quelques heures avant la pupaison sont suivies d'un effet net. Des injections dans des pupes jusqu'à l'âge de 62 à 64 heures donnent des résultats clairement positifs. Les pupes âgées de 69 à 70 heures ne montrent que des effets faibles ou négatifs. Ce stade passé, aucune modification ne semble plus être causée par l'introduction de la substance v^+.

Les expériences décrites indiquent que la substance v^+, produite par les larves du type sauvage pendant une période limitée, doit être absorbée par les yeux des larves plus tôt que 65 à 70 heures après la pupaison, car, à partir de ce moment, la substance n'est plus produite.

Quoique la lymphe de toutes les pupes soit très riche en cellules, l'absence d'effet après injection de lymphe d'animaux très jeunes et très vieux semble indiquer que la substance v^+ est effectivement transférée par le liquide et non pas produite par les cellules de la lymphe à un moment postérieur à l'injection.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Diagnostic de la fièvre jaune par inoculation intracérébrale du sang de malade à la Souris blanche.* Note de M. **Maurice Mathis**, transmise par M. Félix Mesnil.

Le diagnostic de certitude du typhus amaril chez l'Homme ne pouvait se faire jusqu'ici que par inoculation de sang du malade au *Macacus rhesus*, singe excessivement réceptif au virus amaril. La difficulté d'avoir toujours, en Afrique occidentale française, au moment voulu, des singes disponibles, limitait le nombre des diagnostics à faire par ce procédé, qui s'était révélé cependant d'une importance capitale ([1]).

Or, de même qu'il a été possible de substituer la Souris blanche au *Macacus rhesus* pour l'épreuve de neutralisation *in vitro* ([2]), de même il est possible, comme nous allons le montrer, de recourir à la Souris blanche pour savoir si une personne, tout à fait au début d'une infection fébrile en région endémique amarile, est atteinte ou non de fièvre jaune.

Une européenne de Thiès, Mme Bac..., au cours d'une récente petite épidémie de fièvre jaune, qui a sévi au Sénégal, aux environs de Dakar, est prise subitement de fièvre, dans la journée du 19 juin, avec rachialgie et céphalée. Cette personne, ayant habité à Tivaouane la même maison qu'un européen M. Gé..., mort de fièvre jaune, le 3 juin 1936, le Chef du Service de Santé du Sénégal, le Médecin-Colonel Ricou, suspecte la fièvre jaune et prélève, le 20 juin, du sang qu'il expédie aussitôt, dans une bouteille isolante remplie de glace, à l'Institut Pasteur de Dakar.

Immédiatement 1^{cm^3} de sérum est inoculé sous la peau d'un *Macacus rhesus* neuf, en excellente santé. En même temps on inocule, sous la dure-mère, 6 Souris blanches; chacune reçoit 1/20 de centimètre cube de sérum.

Le *M. rhesus*, dès le 3e jour, fait un accès de fièvre à 40°C.; il entre dans le coma le lendemain et succombe. A la nécropsie, nous constatons la présence d'un foie jaune-chamois et du sang digéré dans l'estomac. L'urine recueillie dans la vessie est fortement albumineuse. Sur les coupes histologiques, on note une forte dégénérescence graisseuse du foie. Un fragment de cerveau, ensemencé en milieux aérobie et anérobie, ne donne lieu à aucune culture bactérienne.

---

(1) A. Stokes, J. H. Bauer et N. P. Hudson, *Jl amer. med. Assoc.*, 90, 1928, p. 253-254.

(2) Max Theiler, *Ann. of trop. med. a. parasit.*, 24, 1930, p. 249-272.

Les 6 Souris, inoculées sous la dure-mère, présentent des paralysies typiques du 10ᵉ au 17ᵉ jours. La première, paralysée (souris nº 3431), au 10ᵉ jour, est sacrifiée à l'agonie; son cerveau prélevé stérilement est inoculé le lendemain par voie sous-dure-mérienne à 6 autres souris, qui constituent le 2ᵉ passage. Le 10 août 1936, nous avions réalisé en série 8 passages.

Le virus de cette nouvelle souche a été complètement neutralisé *in vitro* par le sérum de trois personnes vaccinées avec le vaccin à l'œuf de Laigret. On sait que le virus de la Souris servant à cette vaccination dérive de la *souche française* isolée par Sellards, à Dakar, en 1928.

Nous pouvons donc conclure que le Macaque comme les Souris blanches ont fait des fièvres jaunes typiques. Ainsi il a été possible de réaliser d'emblée l'adaptation de cette souche de virus amaril au système nerveux central de la Souris. Dès le 2ᵉ passage, les Souris ont présenté les paralysies du train postérieur, le 6ᵉ jour.

Une autre constatation importante à faire, c'est que Mᵐᵉ Bac... n'a fait qu'une fièvre jaune très légère et que ses urines, analysées à plusieurs reprises, n'ont pas montré la moindre trace d'albumine.

La Souris blanche nous paraît donc devoir être l'animal de choix pour faire le diagnostic de certitude de fièvre jaune, en région d'endémicité amarile. Elle doit être préférée au *M. rhesus*, sur lequel on ne peut expérimenter qu'en prenant les plus minutieuses précautions pour le mettre à l'abri des piqûres de *Stegomyia*, afin d'éviter le risque de créer un foyer de contagion.

Nous proposons d'appeler notre nouvelle souche, *Souche Ricou*. C'est la première souche de virus amaril provenant directement de l'inoculation de sang humain à la Souris blanche, sans passage par le *M. rhesus*.

La séance est levée à 15ʰ30ᵐ.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 21 SEPTEMBRE 1936.

PRÉSIDENCE DE M. LOUIS BOUVIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Après le dépouillement de la Correspondance, M. le **Président** s'exprime en ces termes :

Mes chers Confrères,

Jean Charcot et **Henry Le Chatelier** viennent de disparaître; c'est lourde perte pour notre Compagnie et grand deuil pour la France dont ils furent de nobles serviteurs. Installé à l'improviste dans ce fauteuil par suite d'une indisposition de notre Président, j'ai le triste devoir et l'honneur d'adresser un hommage à nos deux illustres Confrères; soyez indulgents si je reste par trop au-dessous de ma tâche.

Jean Charcot a disparu le premier, ravi par la mer, sa grande favorite. Fils d'un grand psychiâtre, ancien Chef de clinique lui-même, il semblait destiné à une brillante carrière médicale, alors que ses penchants étaient ailleurs; les océans l'attiraient. De 1891 à 1902, il satisfait son goût par des missions maritimes qui l'entraînent jusqu'à Jan Mayen. Puis il souffre de voir son pays se désintéresser des expéditions anglaises et américaines qui, alors, se rendaient dans l'Antarctique pour atteindre le pôle sud. Et c'est l'origine de sa campagne du *Français* qui le tient de 1903 à 1905 sur la Terre de Graham où il fait riche besogne; c'est ensuite une seconde campagne, à bord d'un navire qui est son œuvre, et qu'il marque de son audacieux courage en lui donnant le nom de *Pourquoi-Pas?* Cette expédition (1908-1910) est encore plus fructueuse que la précédente; l'une et l'autre donnent lieu à d'importants travaux qui répandent partout le nom

du brillant explorateur, auquel les Sociétés de Géographie de toutes nations décernent leur grande médaille d'or.

Le *Pourquoi-Pas ?* a fait largement ses preuves ; c'est un solide navire dont Charcot veut plus largement encore faire bénéficier la Science ; il le fait rattacher par la Marine à l'Instruction publique et, avec lui, explore nos fonds maritimes ; lorsque survient la guerre. Appelé au service comme médecin, il arrive, non sans effort, à se faire nommer lieutenant de vaisseau, et hautement apprécié par nos voisins d'Outre-Manche, obtient en 1915, de l'Amirauté anglaise, le commandement d'une croisière pour la chasse aux sous-marins. C'est une rude existence qui met en grave péril sa constitution pourtant robuste ; à peine rétabli d'ailleurs, il reprend la même dangereuse tâche à bord d'un corsaire frété par le Gouvernement français.

Voici la paix, mais non le repos. Les campagnes du *Pourquoi-Pas ?* reprennent de plus belle : les fonds sous-marins de la Manche sont étudiés par sondage au point de vue géologique ; à grands risques, vers l'ouest des Hébrides, le dangereux îlot de Rockall livre de précieux échantillons aux minéralogistes. Charcot retourne à Jan Mayen en 1925 et là, par un poste de cette île, apprend qu'une expédition danoise est en route pour le détroit de Scoresby, sur la côte occidentale du Groenland, à la recherche d'Amundsen ; et le voilà parti pour porter aide à cette expédition. Ce fut le point de départ de campagnes nouvelles qui le ramenèrent chaque année dans les parages groenlandais où, avec son délicieux entregent, il se fit aimer par la population du petit village esquimau d'Anmagsalik. En 1934, il établit près de ce village un laboratoire où hiverna une mission française ; l'année suivante, il rapatria cette mission polaire qui rapportait de précieux matériaux. Mais, était-ce un présage ? le retour fut troublé par une violente tempête, dont il nous a fait ici même le palpitant récit.

C'était la 26e campagne du *Pourquoi-Pas ?*. Agé de 69 ans, notre Confrère, au mois de juillet, s'embarquait pour une 27e qui, à son avis, devait être la dernière. Elle le fut en effet, mais hélas, autrement qu'il avait pensé ! Il ne reverrait plus les étés de France, il n'assisterait pas au triomphe que lui ménageaient les Danois à Copenhague, ni au baptême de sa dernière petite-fille où il était attendu. Le cœur rempli de toutes ces joies prochaines, il fait ses adieux à Reykjavik mardi dernier et part pour le Danemark ; mais la tempête se déchaîne durant la nuit et non loin de la ville jette son navire, le mercredi matin 17 du mois, sur un écueil. Équipage et missionnaires, soit 36 hommes, tout le monde a péri, sauf un marin. Et le pre-

mier cadavre rejeté par le flot, c'est celui de notre Confrère, le noble auteur de *Christophe Colomb raconté par un marin*. Quel drame après tant de perspectives joyeuses !

Ainsi disparaît la grande figure qui honora notre Compagnie comme son illustre père, mais sur un tout autre plan. Grand-officier de la Légion d'honneur comme celui-ci, le Capitaine de frégate Jean Charcot meurt splendidement en marin, pour sa patrie et pour la Science qu'il avait tant aimées, dans les mers polaires qui l'avaient tant séduit, au seuil de l'Islande qui l'avait fait citoyen honoraire. Par son labeur incessant, mais aussi par ses fines qualités françaises, il a bien servi la France chez nous et à l'étranger. Sa mémoire nous sera chère; et nous adressons à sa femme, à ses enfants et petits-enfants, à sa sœur, aux familles des naufragés du *Pourquoi-Pas?* glorieusement mais douloureusement frappés, le témoignage de notre profonde sympathie.

C'est le même jour funeste, 17 septembre, que disparut également **Henry Le Chatelier**, mais ici la paix fait place au drame : le grand chimiste, qui a été justement appelé « le Maître de la Chimie industrielle », s'est doucement éteint, à Miribel-les-Échelles (Isère), après une verte vieillesse qui le laissa tel que nous le voyions ici en juillet dernier, droit, fin, souriant et amène, comme l'a représenté Lamourdedieu dans la médaille offerte en 1922 à notre Confrère à l'occasion de son cinquantenaire scientifique.

Henry Le Chatelier naquit en 1850 dans une famille où l'on avait, des deux côtés, le culte et la pratique des choses de la Science; par son père, qui inventa le procédé Martin pour la fabrication de l'acier, il entra en contact avec Sainte-Claire Deville; par son grand-père, collaborateur de Vicat, il devait s'intéresser aux problèmes des ciments. Entré le premier à l'École Polytechnique (1869), il passait ensuite à l'École des Mines et, très vite, en 1877, revenait dans cette maison pour y professer la Chimie. Sa carrière fut dès lors particulièrement rapide; après un séjour au Collège de France, en 1907, il remplaça à la Sorbonne l'illustre Moissan, qu'il devait peu après remplacer ici.

Le Chatelier fut avant tout un physicochimiste, aussi bien dans les recherches qui lui valurent son haut renom que dans la manière dont il rénova l'enseignement de la Chimie. C'est par l'heureuse combinaison de la Physique avec cette Science que sont marqués ses travaux où se côtoient, où marchent de pair la Chimie pure et la Chimie appliquée, la première lui offrant ses méthodes et ses précisions, la seconde des sujets d'étude. Il a connu les ciments chez son grand-père, et donne la théorie des Portland en

suivant les modifications produites par le feu; une explosion de grisou à Saint-Étienne, et il étudie la combustion des mélanges gazeux — par les lois de la mécanique chimique, il établit le bilan des foyers industriels — par une série d'admirables études, il fait connaître la constitution complexe des alliages. Au surplus, que ne lui doit-on point dans l'industrie? le galvanomètre double pour suivre la marche du refroidissement des alliages, le microscope métallographique pour étudier la structure des échantillons de métaux, le pyromètre thermoélectrique pour évaluer les hautes températures etc., sans compter des méthodes pratiques pour étudier la dilatation, les résistances électriques.

A la suite de Berthollet, de Sainte-Claire Deville et de Berthelot, Le Chatelier rattache les phénomènes chimiques aux lois de la thermodynamique et établit de la sorte un certain nombre de principes actuellement classiques, entre autres la loi du déplacement de l'équilibre chimique qui permet de prévoir les résultats que l'on peut obtenir en faisant varier la température ou la pression; cette loi permit à Le Chatelier de prendre un brevet pour la synthèse de l'ammoniaque, bien avant que Haber l'eût réalisée, d'après les mêmes principes, dans l'usine d'Oppau.

Telle fut l'œuvre scientifique. Voici l'homme. Ce que Le Chatelier prise avant tout, c'est le caractère : « Dans les Sciences comme dans toutes les circonstances de la vie, écrit-il, une persévérance inlassable, une vigueur inflexible dans la lutte contre les obstacles et une affabilité non démentie avec les collaborateurs sont les éléments essentiels du succès. » Ces qualités, il les attribuait à Moissan, elles furent aussi celles de Charcot et de Le Chatelier lui-même. Ainsi s'explique l'influence puissante qu'il a exercée; aux fêtes de son cinquantenaire, en 1922, les firmes industrielles de tous pays, presque au nombre de 300, vinrent lui apporter leur hommage.

Sa carrière fut particulièrement heureuse grâce à sa haute valeur, mais non sans chocs administratifs. Car il avait un culte pour la loi, dès lors pour la discipline qui est, disait-il, « le respect volontaire de la loi », et pour la liberté qui consiste « à se révolter contre toute violation de la loi ». Il était la droiture même et sut, envers et contre tous, appliquer ces principes.

A ce noble esprit, à ce patriote et à cet animateur des grands intérêts industriels, nous rendons aujourd'hui hommage, et nous adressons à sa veuve, à ses enfants, le témoignage de notre sympathie, par le deuil attristée.

Je lève la séance en signe de deuil.

PÉTROGRAPHIE. — *Les milieux générateurs de la montmorillonite et de la sépiolite.* Note (¹) de M. **Jacques de Lapparent.**

Les importants gisements de montmorillonite que l'on trouve en Afrique du Nord mettent en évidence, d'une façon très nette, la liaison de cette substance avec des produits éruptifs acides, vestiges de volcans d'âge tertiaire dont les matériaux furent éparpillés dans le cours du Néogène.

L'observation pétrographique permet de fixer comment la montmorillonite a pris naissance aux dépens des éléments du matériel volcanique primitif.

Celui-ci fut de nature rhyolitique : la lave émise était chargée de cristaux d'orthose et de quartz, souvent associés à du mica noir; elle était en outre vitreuse, les cristaux indiqués étant saisis soit par un verre relativement massif, soit par un verre bulleux.

C'est à partir de ce verre bulleux, finement membraneux, constitutif de débris ponceux, que s'est formée la montmorillonite. Cette substance remplace la membrane vitreuse, laissant généralement vide ce qui fut l'âme de la bulle, quelle qu'en ait été la forme : massive ou effilée. Les petites lamelles de montmorillonite sont orientées perpendiculairement à la membrane et implantées le plus souvent suivant la vibration de plus grand indice; parfois, une fissure s'étant produite dans l'épaisseur de la membrane, la montmorillonite remplit cette fissure et dispose ses lamelles dans le sens même de celle-ci. Malgré le changement de leur matière, la forme des petits débris ponceux se trouve donc être parfaitement conservée. Les feldspaths ne sont pas altérés.

Dans certains cas la montmorillonite s'est substituée non à une ponce, mais à un amas de sphéroïdes formant des masses bothryoïdes; sphéroïdes qui ne sont qu'un aspect du verre. La montmorillonite s'y oriente dans le sens du rayon du sphéroïde comme elle s'orientait perpendiculairement à la membrane vitreuse de la ponce. Elle forme, dans le sphéroïde, des couches concentriques séparées l'une de l'autre par une mince zone amorphe, et de telle manière qu'on croirait, au premier abord, avoir affaire à un sphérolite du type à enroulement.

La formation de la montmorillonite correspond donc à une dévitrification dans un certain milieu dont je vais préciser la nature.

(¹) Séance du 14 septembre 1936.

Il est remarquable que, si l'on se trouve en présence d'une masse principalement faite de montmorillonite et dans laquelle il y a des lamelles de mica-biotite, celles-ci soient parfaitement intactes. Mais la transformation du verre en montmorillonite n'est pas la seule qui se puisse observer. On voit, en effet, qu'en certains cas, et particulièrement lorsqu'il s'agit de morceaux de laves massifs et non pulvérisés, la montmorillonite est partiellement ou complètement remplacée par la kaolinite, qui répète d'ailleurs les mêmes particularités de structure. Or, en cette occurrence, il est fréquent que le mica-biotite soit lui-même transformé en kaolinite.

De cela nous inférons que la montmorillonite se produit lorsque le milieu est tel que les bases des minéraux magnésiens ne soient pas en état d'être éliminées. Nous nous rappelons alors que la montmorillonite est un minéral essentiellement magnésien et non, comme on l'indique parfois, l'équivalent chimique d'une pyrophyllite hyperhydrique ([1]), et nous faisons l'hypothèse qu'elle doit sa naissance à la *dévitrification d'un verre en milieu magnésien*. C'est en eaux salées magnésiennes où s'épandaient des matériaux volcaniques acides désagrégés et aux dépens de particules vitreuses que s'est élaborée la montmorillonite. Concourent donc à la formation de ce minéral un matériel silico-alumineux solide et amorphe mais en état d'instabilité (verre) et des solutions salines magnésiennes. Ces solutions salines s'expliquent tout naturellement par le climat désertique qui régnait alors dans les régions où se formait la montmorillonite.

La liaison des montmorillonites à des matériaux de désagrégation de laves acides est un fait très général et remarqué par tous les auteurs qui se sont occupés de la question. La démonstration en fut faite pour la première fois par les savants américains à propos du cas des montmorillonites californiennes. On est entraîné à imaginer une même origine pour les montmorillonites du Vaucluse, en France, que l'on trouve en couches minces, très peu développées d'ailleurs, dans le massif gypseux oligocène de Pernes. Elles reproduisent les mêmes particularités de structure que les montmorillonites africaines ou californiennes, mais on ne connaît pas, à leur voisinage, de roches volcaniques acides. Il faut supposer que les vestiges de celles-ci ont disparu, les émissions s'étant vraisemblablement produites lors des premières détentes oligocènes subies par la région du Massif Central.

Envisagé du point de vue pétrographique, le matériel des couches à

([1]) *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 527.

montmorillonite devrait donc être classé parmi les « roches pyroclastiques ».

Autre minéral magnésien mais peu ou pas alumineux la sépiolite [1] se produit dans des conditions analogues, toutefois sans primitif support volcanique vitreux. Elle résulte de l'action directe des sels de magnésie en solution sur des gels siliceux susceptibles de donner en outre naissance à des silex, dans un milieu d'autre part plus ou moins calcaire. Les Rhassoul proprement dits, de la Haute Moulouya, au Maroc, se sont ainsi formés. Ils paraissent représenter un haut niveau par rapport aux couches à montmorillonite de la même région.

La terre de Sommières que l'on trouve dans le Gard, non loin des terres à montmorillonite du Vaucluse, est un Rhassoul, et son origine est la même que celle des Rhassoul marocains; elle est au niveau de l'Oligocène supérieur.

CORRESPONDANCE.

M. **Jean Zay**, Ministre de l'Éducation nationale; Mme **Irène Joliot-Curie**, Sous-Secrétaire d'État à la recherche scientifique; M. **A. Gasnier-Duparc**, Ministre de la Marine; M. le Vice-Amiral **François Darlan**, Membre du Conseil supérieur de la Marine, Directeur du Cabinet militaire du Ministre, ont exprimé à l'Académie des condoléances à l'occasion de la mort de M. **J. Charcot** et de ses collaborateurs dans le naufrage du *Pourquoi-Pas?*

MM. **Vito Volterra**, Associé étranger de l'Académie; **William Bowie**, président de l'Union internationale de Géodésie et Géophysique; **Vittorio Cerruti**, ambassadeur d'Italie, ont adressé à l'Académie des Sciences les télégrammes suivants :

Ariccia, le 21 septembre 1936.

A Monsieur le Président de l'Académie des Sciences (quai Conti, 23, Paris).

Veuillez présenter à l'Académie mes sentiments profonds et mes regrets pour la mort tragique de l'illustre Confrère Jean Charcot.

Vito Volterra.

---

[1] *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 1728.

Edinburgh, le 17 septembre 1936.

Académie des Sciences (quai Conti, 23, Paris).

The general Assembly of the *International Union of Geodesy and Geophysics* learns with great sorrow of the death of Doctor Charcot and of the Members of his Expedition. It begs the Academie des Sciences to extend to relatives its heartfelt sympathy.

Bowie, Président.

Paris, 19 septembre 1936.

Monsieur le Secrétaire général (Institut de France, 23, quai Conti, Paris).

Tiens à vous exprimer mes condoléances émues pour la fin glorieuse du Professeur Charcot et des membres de l'expédition scientifique française du *Pourquoi-Pas?*

Cerruti, Ambassadeur d'Italie.

L'Académie a reçu également la lettre de condoléances suivante :

De Bilt, le 18 septembre 1936.

A Monsieur le Président de l'Académie des Sciences, Paris.

Monsieur le Président,

Le *Koninklijk Nederlandsch Meteorologisch Instituut* a le triste devoir de vous offrir ses condoléances sincères à cause de la perte déplorable que la Marine française et la Science ont faite par l'accident désastreux du fameux bateau *Pourquoi-Pas?* et la mort de son équipage et du docteur J. Charcot, illustre savant et chef des expéditions antarctiques françaises et de plusieurs campagnes dans l'Arctique.

Le Directeur du *Kon. Ned. Meteor. Instituut*,
Ewoud van Everdingen.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur la vérification expérimentale du fait, prévu par la théorie de Lord Rayleigh, de l'existence du régime préconvectif stable et sur le mécanisme de l'apparition des courants convectifs dans une couche gazeuse, chauffée uniformément par en dessous.* Note [1] de M. **Douchan Avsec**, présentée par M. Henri Villat.

Ce qu'il y a de plus important dans le mémoire de Lord Rayleigh [2], où il a essayé d'expliquer théoriquement les tourbillons convectifs de Bénard,

---

[1] Séance du 31 août 1936.
[2] *Phil. Mag.*, 32, 1916, p. 529-546.

est l'annonce que le régime tourbillonnaire doit être précédé d'un régime préconvectif stable.

Les deux régimes sont séparés par un nombre critique Λ_c, dont la valeur varie selon les conditions aux limites. On se trouve dans le régime préconvectif stable, si

$$\frac{\rho_2-\rho_1}{\rho_1}\cdot\frac{gh^3}{k\nu}<\Lambda_c,$$

où l'on désigne par ρ_1, ρ_2 les densités extrêmes des deux faces de la lame, g l'accélération due à la pesanteur, h l'épaisseur de la lame, k le coefficient de diffusibilité de la chaleur, ν le coefficient de viscosité cinématique.

L'existence du régime préconvectif stable n'avait jamais été établie expérimentalement. Dans les vues de M. H. Bénard cette vérification était la partie essentielle des travaux par nous envisagés.

Au cours de recherches consacrées au mécanisme de l'apparition des courants convectifs dans une couche gazeuse, des observations nous ont confirmé l'existence du régime préconvectif stable.

On chauffe préalablement le fond métallique du canal, recouvert d'une plaque de glace; on introduit ensuite en dedans de la fumée de tabac, produite dans un petit générateur. La fumée de tabac, blanche et épaisse, ayant une densité supérieure à celle de l'air, se répand sur le fond. Deux couches, nettement divisées, s'établissent : la couche inférieure, enfumée de tabac, et la couche supérieure d'air pur. Bientôt après l'introduction de la fumée les premiers courants convectifs peuvent naître, mais *seulement* si le fond atteint une certaine valeur de température. Cela prouve qu'une lame de fluide peut rester stable, même si la couche du fluide plus dense est en dessus, lorsque la différence des densités extrêmes des deux faces ne dépasse pas une certaine valeur critique. Au dessus de cette valeur, les courants convectifs prennent naissance.

Les figures ci-après reproduisent les phases les plus caractéristiques du développement des *tourbillons en bandes*. Nous donnons les coupes dessinées de deux rouleaux et les projections photographiées. Ce mécanisme s'applique aussi bien au cas des tourbillons polygonaux, exception faite pour la phase représentée par la figure 4, car ils constituent des circuits fermés qui ne permettent pas l'échappement de la fumée.

Figure 1. — On remarque des dépressions légères à la surface de la couche constituée par la fumée de tabac. Cela indique que les tourbillons se forment au sein de la couche supérieure d'air pur.

Figure 2. — Les dépressions s'approfondissent. La fumée de tabac est poussée vers

les bords des tourbillons croissants. Elle s'accumule dans les crêtes aiguës qui indiquent les centres des courants ascendants. La fumée, concentrée ainsi dans ces crêtes allongées dans le sens du courant général, est entraînée par le mouvement tourbillonnaire. Les rouleaux se revêtent d'une mince gaine de fumée. Celle-ci, vue en projection, signale, par une ligne fine, le centre des courants descendants.

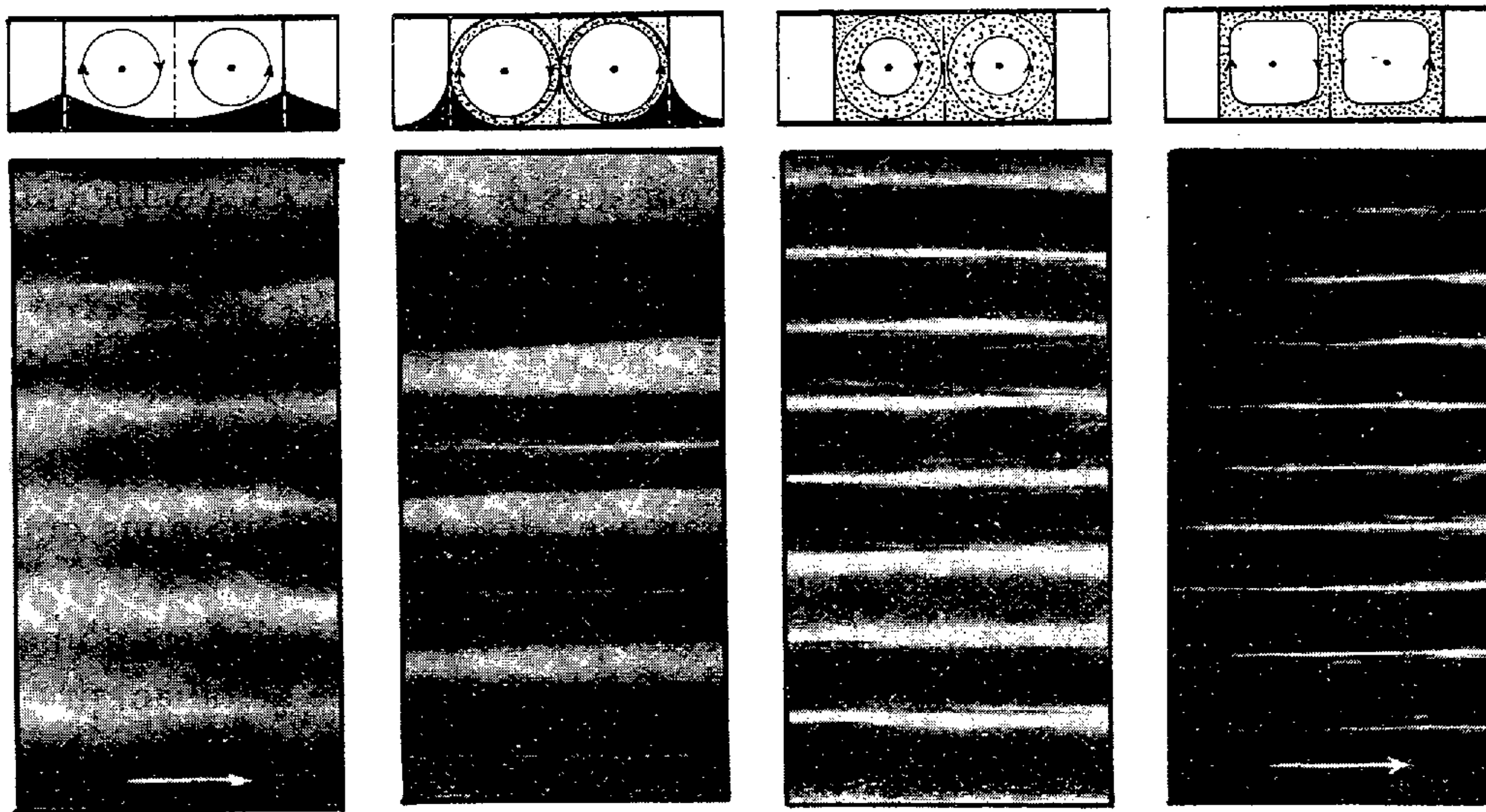


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3. Fig. 4.

Figure 3. — Les réserves de fumée sont épuisées. Elle est passée tout entière dans les gaines qui sont devenues très régulières. On ne peut plus distinguer sur les photographies les courants ascendants des courants descendants.

Figure 4. — La masse axiale des rouleaux s'est écoulée plus vite que la masse périphérique. Le centre s'est purifié peu à peu, en diminuant aussi par entraînement l'opacité des rouleaux. Leurs contours se dessinent par lignes très fines. La visibilité s'évanouit, mais une nouvelle injection de fumée fraîche permet de la régénérer.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur l'existence du métaborate de zinc.*

Note (¹) de M. **Roger Tournay**, présentée par M. Georges Urbain.

De Carli (²) a fait l'étude des points de fusion des mélanges oxyde de zinc-anhydride borique, il avait remarqué un maximum à 895° correspondant au métaborate de zinc (B^2O^3, ZnO); par dévitrification il obtenait des cristaux prismatiques.

(¹) Séance du 7 septembre 1936.

(²) *Atti Acad. Lincei*, 5, 1927, p. 41.

Mazetti et de Carli (1) avaient remarqué qu'en chauffant doucement, mais régulièrement, un mélange équimoléculaire d'oxyde de zinc et d'anhydride borique, on observait deux dégagements de chaleur : le premier faisait passer la masse de 550 à 640°; le deuxième de 680 à 720°; les auteurs n'ont pas interprété ce phénomène.

Le Chatelier (2), qui a longuement étudié les borates cristallisés, ne signale pas le métaborate de zinc. Guertler (3) n'a pas pu l'obtenir.

Nous avons essayé plusieurs méthodes de préparation sans y parvenir :

1° Refroidissement lent d'un verre fondu à 1000° (le verre avait la composition calculée pour obtenir le métaborate); tout est liquide à 890°; il se forme cependant quelques cristaux au cours du refroidissement.

2° Chauffage du même verre à 800° pendant 80 heures : dépôt de nombreux cristaux cimentés par du verre; il y a en même temps, séparation d'anhydride borique qui forme une couche distincte. Le magma cristallin est broyé (tamis 300), puis est attaqué par l'acide chlorhydrique normal : la partie vitreuse se dissout, le résidu cristallin correspond sensiblement à la formule $2B^2O^3, 3ZnO$. Guertler dans des conditions peu différentes était arrivé au même résultat.

3° 22g,5 de mélange équimoléculaire d'oxyde de zinc et d'anhydride borique sont fondus avec 50g de sulfate de sodium, pendant 18 heures à 850° (pour permettre à la réaction d'atteindre son équilibre), puis maintenus pendant 52 heures à 680-710° : il s'est formé trois couches bien distinctes : *a*, sulfate de sodium contenant un peu d'anhydride borique; *b*, verre très riche en anhydride borique; *c*, cristaux de borate $2B^2O^3, 3ZnO$.

4° 12g,5 de mélange équimoléculaire d'oxyde de zinc et d'anhydride borique sont chauffés avec 40g d'un mélange contenant 20 pour 100 de nitrate de potassium et 80 pour 100 de nitrate de sodium. La masse pâteuse est remuée à plusieurs reprises avec un fil de platine; le chauffage à 460° a duré 26 heures. Il y a eu au début du chauffage un dégagement de vapeurs nitreuses, le déplacement de l'acide nitrique par l'acide borique n'est pas complet à 460°. Après refroidissement, nous ne sommes pas parvenu à mettre en évidence, par voie chimique, la formation d'un borate de zinc.

5° En faisant l'analyse thermique du mélange équimoléculaire d'oxyde de zinc et d'anhydride borique, nous avons vérifié le double dégagement de chaleur signalé par Mazetti et de Carli : le premier commence à 535-550°

(1) *Atti Acad. Lincei*, 33, 1924, p. 512.
(2) *Comptes rendus*, 113, 1891, p. 1034.
(3) *Zeit. Anorg. Chem.*, 40, 1904, p. 225.

et se prolonge jusqu'à ce que la masse ait atteint 610-655°, avec maximum à 580-630° (5 essais); le deuxième commence à 745-775°, il se termine à 800-840° maximum à 775-820° (4 essais).

Certains de ces nombres ne sont pas ceux des auteurs italiens; nous croyons que les différences proviennent du mode opératoire; la contraction très importante due au chauffage provoque des irrégularités : mauvais contact du culot fritté avec le creuset, déplacement des couples etc. Après le premier dégagement exothermique, le spectre aux rayons X est identique à celui de l'oxyde de zinc; par voie chimique nous ne sommes pas arrivé à déceler la formation d'un borate. Après le deuxième dégagement de chaleur, nous isolons facilement le borate $2B^2O^3$, $3ZnO$, dont le spectre n'a rien de commun avec celui de l'oxyde de zinc.

6° Nous avons voulu voir si, par chauffage prolongé des constituants à une température inférieure à 680°, température à laquelle nous obtenions déjà le borate $2B^2O^3$, $3ZnO$ en présence de sulfate de sodium, nous ne pourrions pas arriver à mettre le métaborate en évidence.

Par frittage pendant 4 heures à 680° puis 118 heures à 500-550° nous ne sommes pas arrivé à trouver d'autre spectre que celui de l'oxyde de zinc. La matière, après broyage et mélange, est chauffée à nouveau pendant 178 heures à 525°; 148 heures à 510°, 14 heures à 460° et 96 heures à 350°. Au total 578 heures à 350-680°. Le spectre est toujours celui de l'oxyde de zinc.

Conclusion. — Nous n'avons pu obtenir le métaborate de zinc (B^2O^3, ZnO) signalé par de Carli; il y a toujours eu, au cours de la dévitrification du mélange équimoléculaire, séparation en deux couches, l'une d'elles est formée par le borate $2B^2O^3$, $3ZnO$. Par frittage, nous avons reconnu que le borate $2B^2O^3$, $3ZnO$ se formait à une température supérieure à 700°, au-dessous nous n'avons pu mettre en évidence, par voie chimique ou par rayons X, la formation d'un borate cristallisé.

Le borate $2B^2O^3$, $3ZnO$, résiste bien à l'action des acides dilués tandis que les produits obtenus par frittage ou refroidissement lent à une température inférieure à 700° sont solubles dans les réactifs dissolvant l'oxyde de zinc.

CINÉTIQUE CHIMIQUE. — *Influence d'un gaz chimiquement inerte sur la vitesse de la réaction en chaînes des mélanges de pentane normal et d'oxygène.* Note de M. **Marcel Prettre**.

J'ai découvert (¹) que certains mélanges d'air et de nombreux composés organiques, en particulier les paraffines liquides à la température ordinaire, s'enflamment spontanément sous la pression atmosphérique entre deux températures T_1 et T_2, limites inférieure et supérieure d'un domaine d'inflammation assez étroit, toujours voisin de 300° C., et à toute température supérieure à une troisième limite T_3 nettement plus élevée que T_2. Les mêmes mélanges ne peuvent que s'oxyder lentement aux températures comprises entre T_2 et T_3. Ces résultats ont été confirmés par divers auteurs. En particulier, Townend et ses collaborateurs (²) ont précisé que les deux domaines de températures d'inflammation n'existaient que dans un intervalle limité de pression.

Les mélanges d'*air* et de vapeur d'hydrocarbure paraffinique, le pentane normal par exemple, s'oxydent donc, au voisinage de la limite T_2, à une *vitesse qui diminue fortement quand la température augmente*, en opposition complète avec la loi d'Arrhenius, alors que cette vitesse croît très rapidement avec la température aux environs des deux autres limites T_1 et T_3. Au contraire, si les mélanges correspondants d'*oxygène pur* et de pentane s'oxydent aussi à une vitesse rapidement croissante entre 250 et 300° (T_1) (³) comme au delà de 500° (T_3), leur vitesse de combustion ne présente qu'une diminution beaucoup plus lente quand la température s'élève de 340 à 480° [Aivazov et Neumann (⁴)].

Le but des travaux résumés dans la présente Note a été de définir qualitativement l'influence de l'azote, gaz chimiquement inerte, sur l'oxydation et l'inflammation entre 250 et 350°C. des mélanges de pentane normal et d'oxygène, et plus particulièrement l'influence de ce gaz sur les limites T_1 et T_2. Sur cette question, on possédait uniquement quelques observations

---

(¹) *Ann. Comb. Liqu.*, 6, 1931, p. 7, 269 et 533; 7, 1932, p. 699. Voir aussi : Prettre, Dumanois et Laffitte, *Comptes rendus*, 191, 1930, p. 329 et 414.

(²) *Proc. Roy. Soc.* A, 141, 1933, p. 488; 143, 1933, p. 168; 146, 1934, p. 113; 154, 1936, p. 95.

(³) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 954 et 1176.

(⁴) *Acta Physicochimica U.R.S.S.*, 4, 1936, p. 575.

de Pidgeon et Egerton ([1]) signalant l'effet accélérateur de l'azote dans l'oxydation lente du pentane par l'oxygène à 260°, température légèrement inférieure à la limite T_1.

Le tableau suivant permet de comparer quelques-uns des résultats fournis par des mesures cinétiques concernant divers mélanges de pentane et d'oxygène additionnés ou non d'azote. Ce tableau donne, pour chaque essai, la vitesse maximum W_m (en millimètres par minute) atteinte durant l'oxydation et le temps τ_m (en secondes) au bout duquel cette vitesse est atteinte.

Températures (°C.).	Pressions (mm. Hg). Pentane.	Oxygène.	Azote.	Nature de la réaction.	W_m.	τ_m.
			1° *Températures voisines de* T_1.			
250....	208,4	196,1	0	combustion lente	6	750″ ([a])
250....	200,7	201,2	305,5	»	12	270 ([a])
260....	204,1	197,1	0	»	18	240 ([b])
260....	203,9	210,4	299,7	pseudo-inflammation	∞	130 ([b])
270....	208,5	185,3	0	inflammation	∞	45 ([c])
270....	206,7	207	302,8	»	∞	15 ([c])
270....	118,9	119,5	0	combustion lente	9	290 ([d])
270....	119,6	139,4	488,7	inflammation	∞	44 ([d])
			2° *Températures voisines de* T_2.			
300....	57,1	98,4	0	pseudo-inflammation	∞	16 ([e])
300....	52,6	100	318,3	»	∞	18 ([e])
320....	43	83	0	»	∞	5 ([f])
320....	41	82	304	»	∞	8 ([f])
350....	20	90	0	combustion lente	16	22 ([g])
350....	23,2	95,5	378,7	»	11	30 ([g])

Effet de l'azote sur la combustion. — ([a]) Accélération. ([b]) Transforme la réaction lente en combustion instantanée. ([c]) Diminue le retard à l'inflammation. ([d]) Permet l'inflammation. ([e]) Très léger ralentissement. ([f]) Augmente le retard. ([g]) Ralentissement.

On voit donc que l'addition d'azote abaisse fortement, aux températures voisines de la limite inférieure T_1, la somme des pressions partielles de combustible et de comburant nécessaire à l'apparition du phénomène

([1]) *J. Chem. Soc.*, 1932, p. 661.

explosif comme de la pseudo-inflammation ([1]). Si ces pressions sont constantes, elle diminue la température limite inférieure. Quand la température et les pressions sont trop faibles pour que la flamme se produise, l'azote accroît la vitesse de l'oxydation lente. De plus, l'augmentation totale de pression produite en vase clos par la transformation lente totale est toujours un peu plus grande en présence du gaz inerte.

Aux températures voisines de la limite supérieure T_2 (300° et au delà), l'azote se comporte de manière absolument opposée. Une addition de ce gaz élève la somme des pressions de combustible et d'oxygène nécessaire à l'inflammation. Si ces pressions sont constantes, elle abaisse la limite supérieure T_2. L'azote diminue la vitesse de l'oxydation lente, mais ne modifie sensiblement pas l'augmentation totale de pression.

CHIMIE PHYSIQUE ORGANIQUE. — *Moments électriques de quelques diamines grasses*. Note ([2]) de M. **Pierre Trunel**, présentée par M. G. Urbain.

Les mesures de moments électriques permettent dans certains cas l'étude de l'interaction des groupements les uns sur les autres dans une même molécule. C'est ainsi que la détermination des moments de composés du type $A-(CH^2)^n-A$, dans laquelle A représente soit un atome de brome ([3]), soit un groupement OH ([4]), a montré que dans de tels composés l'influence répulsive de ces groupements l'un sur l'autre entraîne une diminution de la mobilité ([5]) des liaisons C — C et C — O, se traduisant dans les mesures par une diminution très nette de la valeur du moment électrique par rapport à celle calculée en admettant une libre rotation complète. Cette interaction, très forte pour les faibles valeurs de n, diminue régulièrement en tendant vers zéro lorsque n augmente.

Cette Note a pour objet l'étude de l'interaction des groupements NH^2 dans les diamines $H^2N-(CH^2)^n-NH^2$ par mesure de leurs moments électriques.

([1]) Ce phénomène a été défini dans une précédente Note (*Comptes rendus*, 202, 1936, p. 954). Il est accompagné d'une émission lumineuse intense fréquemment appelée *flamme froide*.

([2]) Séance du 7 septembre 1936.

([3]) C. P. Smyth et W. S. Walls, *J. Chem. Physics*, 1, 1933, p. 200.

([4]) C. P. Smyth et W. S. Walls, *J. Am. Chem. Soc.*, 53, 1931, p. 2115.

([5]) Par mobilité il faut entendre possibilité plus ou moins grande de rotation des groupements autour des axes C — C ou C — O.

Les diamines sur lesquelles des mesures ont été effectuées sont les suivantes : éthylène diamine, triméthylène diamine, tétraméthylène diamine, pentaméthylène diamine et octométhylène diamine. Leur préparation n'a rien d'original sauf celle de l'octométhylène diamine, qui a été obtenue par action de l'acide azothydrique sur l'acide sébacique suivant la méthode d'Oesterlin (1).

On fait tomber peu à peu 16^g d'azoture de sodium N^3Na dans un ballon contenant 20^g d'acide sébacique dissous dans 80^{cm^3} d'acide sulfurique pur, couche sur laquelle on a versé 80^{cm^3} de chloroforme; le tout étant porté à la température de 40-45°. Après alcalinisation, entraînement à la vapeur, saturation par l'acide chlorhydrique de la partie entraînée et dessiccation, on obtient $15^g,7$ de chlorhydrate d'octométhylène diamine, fondant à 273-274° et qu'un dosage alcalimétrique révèle très pur (100,1 pour 100). Rendement : 74 pour 100.

Une distillation avec de la soude concentrée et une rectification libèrent l'amine qui bout à 121° sous 18^{mm} et fond à 52-53°.

Les moments électriques ont été calculés par la formule de Debye, en négligeant le terme infrarouge

$$\mu = 0{,}01273\sqrt{(P - RM_D)T},$$

dans laquelle : μ est le moment en Debye (D);
RM_D, la réfraction moléculaire pour la raie D;
T, la température absolue;
P, la polarisation totale de la diamine extrapolée pour une dilution infinie à partir de mesures de constantes diélectriques faites à concentrations variables dans le benzène ($\lambda = 100^m$).

Les valeurs trouvées pour l'éthylamine et quelques diamines ont été les suivantes :

	P 25°.	P 45°.	P 75°.	RM_D.	μ 25°.	μ 45°.	μ 75°.	μ calc.
Éthylamine....	55,2	–	–	14,9	1,39	–	–	–
Diamine en C^2..	92,8(2)	89,8	83,7	18,3	1,90	1,92	1,92	1,90
» C^3..	100,5	96,5	–	22,9	1,94	1,95	–	1,94
» C^4..	104,4	99,8	–	27,5	1,93	1,93	–	1,96
» C^5..	107,4	104,3	–	32,1	1,91	1,93	–	1,97
» C^8..	127	122	115	46,0	1,98	1,98	1,97	1,97

(1) *Z. angew. Chem.*, 45, 1932, p. 536.

(2) Zahn (*Physikal. Z.*, 33, 1932, p. 525) dans des mesures très précises a trouvé en opérant à l'état gazeux une polarisation totale correspondant à 102,6 à 25°. En extrapolant mes propres mesures de l'état dissous à l'état gazeux, d'après la formule de Muller (*Trans. Far. Soc.*, 30, 1934, p. 729), on trouve comme polarisation 103,2, ce qui correspond à une différence de 0,6 pour 100 entre les deux déterminations.

En admettant l'addition vectorielle des moments partiels et la libre rotation complète des liaisons C — C et C — N, on peut déterminer la formule donnant le moment électrique résultant des molécules de formule A — $(CH^2)^n$ — A. Le calcul, qu'il serait trop long de développer ici, conduit pour la valeur du moment à la formule

$$\mu = \mu_1 \sqrt{2 \{\cos^2\beta [1 - \cos^n(180^\circ - \alpha)] + \sin^2\beta\}},$$

dans laquelle : μ_1 est le moment du dérivé monosubstitué, tel que C^2H^5 — A;
n est le nombre d'atomes de carbone;
α est l'angle intervalentiel des atomes de carbone, soit 110°.
β est l'angle entre le vecteur-moment C — N et le vecteur-moment C — NH^2.

La valeur de β nous est inconnue; nous pouvons cependant, en première approximation, la prendre égale à 40°, angle moyen dans le cas des amines aromatiques; une très forte erreur sur cet angle n'entraînant d'ailleurs qu'une erreur tout à fait négligeable sur la valeur du moment, erreur qui devient pratiquement nulle dès que n dépasse la valeur de 3. Les moments ainsi calculés ont été portés dans la dernière colonne du tableau.

L'examen de ce tableau nous montre :

1° que la liberté de rotation des groupements NH^2 semble absolument complète dès l'éthylène diamine;

2° qu'une élévation de température de 50° n'entraîne pas une augmentation sensible de moment électrique pour les diamines, ce qui est tout à fait en accord avec la précédente conclusion.

Il s'ensuit que l'interaction des groupements NH^2 l'un sur l'autre dans les diamines peut être considérée comme nulle déjà dans l'éthylène diamine.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Oxydation de quelques substances organiques par l'acide perchlorique.* Note de M. **André Vialard-Goudou**, présentée par M. Georges Urbain.

L'utilisation de l'acide perchlorique comme agent de destruction des matières organiques étant devenue de pratique courante [1], il a semblé utile de connaître le mécanisme et, autant que possible, les produits de la

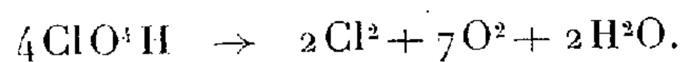
[1] E. Kahane, *L'action de l'acide perchlorique sur les matières organiques et ses applications à la chimie analytique* (*Thèse Doct. Sc.*, Paris, 1934).

réaction. Il était intéressant, en particulier, de savoir si l'oxydation des substances organiques se fait aux dépens des produits de décomposition de l'acide perchlorique ou par action directe de cet acide, comme c'est le cas, d'après E. Kahane et T. Tomesco ([1]), dans l'oxydation des composés iodés.

Nous avons effectué cette étude dans un certain nombre de cas simples, en opérant en tubes scellés. Différents gaz, liquides et solides organiques ont été soumis à l'action de l'acide perchlorique à 65 pour 100, de densité 1,61, employé seul et en large excès.

Dans ces conditions, les premiers produits de la réaction n'échappent pas à l'action de l'acide perchlorique, comme c'est le cas, lorsqu'ils sont volatils, dans les attaques en vase ouvert. L'oxydation observée est donc un maximum par rapport à l'oxydation qui a lieu dans les conditions habituelles. Le large excès d'acide perchlorique employé, ainsi que le contrôle de la température, permettent d'éliminer les principales causes de danger qu'offrent ces réactions d'oxydation.

Les expériences ont été faites à des températures comprises entre 135° et 220°. Jusqu'à 200°, température voisine de la température d'ébullition de l'acide perchlorique à 65 pour 100, la décomposition propre de ClO^4H est négligeable et les résultats peuvent être facilement interprétés. Au-dessus de cette température, ClO^4H, même en dehors de la présence de matières organiques, se décompose d'une manière de plus en plus rapide, conformément à l'équation



$$4ClO^4H \rightarrow 2Cl^2 + 7O^2 + 2H^2O.$$

Dans ces conditions, les résultats se compliquent et les expériences peuvent devenir dangereuses.

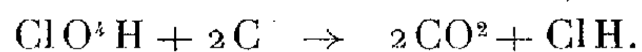
Voici sommairement exposé l'ensemble des résultats obtenus :

L'hydrogène n'est pas attaqué au-dessous de 200°.

Le carbone, employé à l'état de noir de gaz, lavé aux acides, à l'eau distillée, à l'alcool, à l'éther et desséché à l'étuve à 110°, n'est pas attaqué au-dessous de 180°. L'oxydation commence à cette température, mais n'est complète qu'à 200°, température à laquelle elle est encore très lente. Les produits résultant de la réaction sont le gaz carbonique et l'acide chlorhydrique, avec formation intermédiaire d'une faible quantité d'oxyde de carbone et d'une substance organique chlorée. La quantité d'acide chlorhydrique trouvée lorsque l'opération est interrompue avant l'oxydation totale

([1]) *Comptes rendus*, **201**, 1935, p. 1195.

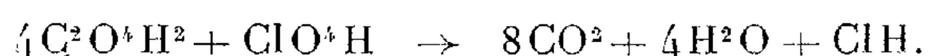
est très inférieure à celle qui correspond à l'équation



$$ClO^4H + 2C \rightarrow 2CO^2 + ClH.$$

Ces corps intermédiaires s'oxydent ensuite totalement pour donner une quantité de CO^2 correspondant à la réaction ci-dessus.

L'attaque de l'acide oxalique, aux basses températures et au moyen de ClO^4H dilué, donne naissance à des quantités équimoléculaires de CO et de CO^2. Avec l'acide de densité 1,61, l'oxydation est déjà sensible à 155° et se fait d'après l'équation



$$4C^2O^4H^2 + ClO^4H \rightarrow 8CO^2 + 4H^2O + ClH.$$

Comme nous avons vérifié qu'à cette température, l'oxyde de carbone n'est pas encore attaqué, c'est l'acide oxalique et non ses produits de dédoublement qui est oxydé par l'acide perchlorique.

Les hydrocarbures saturés sont faiblement attaqués, l'oxydation croissant avec la longueur de la chaîne. Le méthane commence à être attaqué aux environs de 210° et l'éthane aux environs de 205°, avec formation exclusive de gaz carbonique. L'heptane et l'éther de pétrole sont attaqués au voisinage de 205°, en donnant du gaz carbonique et de l'oxyde de carbone.

Alors que, chez les premiers termes des hydrocarbures saturés, la substance qui échappe à l'oxydation complète se retrouve non modifiée, les hydrocarbures non saturés sont profondément altérés et charbonnent avant même le début de l'oxydation. C'est ainsi que, pour l'éthylène, le charbonnement a lieu à des températures voisines de 145°, pour le benzène et le toluène, entre 130 et 135°.

Les alcools méthylique et éthylique, ainsi que l'oxyde d'éthyle, sont attaqués facilement avec formation de CO^2 et de CO. La réaction n'aboutit pas à la libération de la quantité stoechiométrique de ClH, car il se forme en proportions assez notables, des dérivés chlorés qui sont ensuite attaqués à leur tour.

L'acide acétique est attaqué moins rapidement que les alcools, avec formation de CO^2 pratiquement pur. Une partie du chlore de l'acide perchlorique ayant réagi, passe à l'état organique. L'anhydride acétique subit une dégradation parallèle, mais beaucoup plus lente.

En résumé, dans toutes ces réactions, l'oxydation de la matière organique a lieu sans apparition d'oxygène libre; le chlore de l'acide perchlorique passe d'abord à l'état d'acide chlorhydrique, puis de chlore libre,

mais peut se combiner à la matière organique à titre intermédiaire. Les résultats ainsi enregistrés sont nettement différents de ceux qui seraient observés dans l'action du système $Cl^2 + 4O^2$ sur les mêmes substances. Nous en déduisons que l'attaque des matières organiques par l'acide perchlorique est due à l'action directe de l'acide lui-même, et non à celle de ses produits de décomposition.

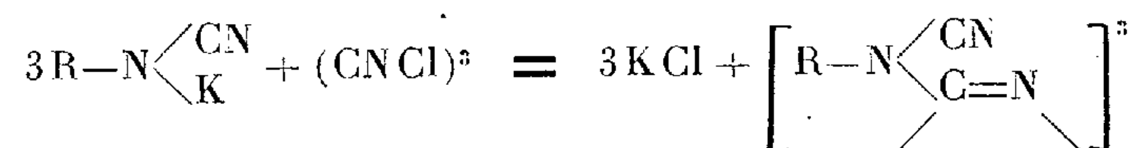
CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les tricyanomélamines organiques et leurs relations avec les dicyanimides polymérisées.* Note de M. **Joseph Biechler**, présentée par M. Georges Urbain.

Nous avons décrit [1] les modes de préparation et quelques propriétés des dicyanimides. La faculté de se polymériser très facilement semble être une des caractéristiques essentielles de cette classe de composés.

Elle s'observe également dans le cas des dicyanamides métalliques. Madelung et Kern [2] ont montré en effet qu'en chauffant la dicyanimide de sodium au rouge sombre elle se transforme totalement en tricyanomélamine de sodium par formation d'un cycle 1.3.5-triazinique. Bien que la température soit relativement élevée, on ne parvient qu'à un type uniforme de polymère.

Nous nous sommes proposé de préparer un certain nombre de tricyanomélamines aromatiques et aliphatiques pour en comparer les propriétés à celles des dicyanimides correspondantes. Leur synthèse se réalise très facilement par condensation du chlorure cyanurique avec les sels de potassium des cyanamides.

La réaction conforme à l'équation suivante se fait quantitativement



$$3\,R{-}N\begin{matrix}\diagup CN\\ \diagdown K\end{matrix} + (CNCl)^3 = 3\,KCl + \left[R{-}N\begin{matrix}\diagup CN\\ \diagdown C{=}N\end{matrix}\right]^3$$

Elle nous a fourni les produits suivants :

Triphényltricyanomélamine (P. F. 210°); triortho-toluyltricyanomélamine (P. F. 203°); triorthométhoxy-phényltricyanomélamine (P. F. 110°); triparaméthoxy-phényltricyanomélamine (P. F. 201°); triparaéthoxy-phényltricyanomélamine (P. F. 151°); trinaphtyltricyanomélamine (P. F. 271°); tri-2.4-xylyltricyanomélamine (P. F. 193°); tribenzyltricyanomélamine (P. F. 158°); triméthyltricyanomélamine (P. F. 241°).

Si la condensation est effectuée avec 1^{mol} ou 2^{mol} de sel de potassium seulement,

---

[1] *Comptes rendus*, **200**, 1935, p. 141; **202**, 1936, p. 666.

[2] *Liebig's Annalen*, **427**, 1922, p. 1.

on isole les dichloro ou monochlorotriazines correspondantes. Celles-ci sont d'ailleurs susceptibles d'être condensées encore avec d'autres cyanamides, et permettent ainsi la préparation des cyanomélamines mixtes. Voici quelques exemples de produits isolés :

1-phénylcyanamidyle-3,5-dichlorotriazine (P. F. 138-183°C.); 1.3-diphénylcyanamidyle-5-chlorotriazine (P. F. 181°); 1.3-diphényl-5-paraéthoxy-phényltricyanomélamine (P. F. 98-104°); 1-phényl-3,5-diparaéthoxy-phényltricyanomélamine (P. F. 115-120°).

Les produits de cette classe présentent avec beaucoup de netteté le phénomène de la polymorphie et ce n'est en général qu'après plusieurs jours ou par fusions successives qu'ils présentent le P. F. le plus élevé.

La caractéristique dominante des tricyanomélamines considérées comme trimères des dicyanimides est leur faible tendance à la polymérisation.

Alors que la difficulté principale rencontrée dans la préparation des dicyanimides est leur transformation en masses résineuses non cristallisables même en ne dépassant pas la température ordinaire, la triphényltricyanomélamine peut être maintenu 24 heures à 170° sans subir d'altération et même un chauffage de 30 minutes à son point de fusion n'en modifie pas les propriétés. Au bout de 3 ou 4 heures à cette même température elle est cependant transformée en une masse vitreuse colorée en jaune, insoluble dans les solvants du produit de départ et n'ayant plus de point de fusion. La composition centésimale ne subit aucune altération. Ces propriétés de la triphényltricyanomélamine montrent qu'elle ne saurait être l'intermédiaire essentiel dans le mécanisme de la polymérisation de la phényldicyanimide. On est conduit à admettre qu'à partir de la molécule $C^6H^5N(CN)^2$ la polymérisation se réalise par participation des deux restes CN à la formation de deux cycles triaziniques différents.

A la différence des températures de polymérisation de la phényldicyanimide et de la triphényltricyanomélamine doit correspondre une différence marquée dans la structure du polymère.

Pour la caractériser nous avons mesuré les chaleurs de polymérisation par combustion au moyen de la bombe calorimétrique. Nous avons obtenu avec nos échantillons les valeurs suivantes :

a. Chaleur de polymérisation de 1^{mol} phényldicyanimide

$$(t = 90^o) - \Delta u = 39{,}5^{Cal}.$$

b. Chaleur de polymérisation de 1^{mol} triphényltricyanomélamine

$$(t = 210^o) - \Delta u = 3 \times 32{,}5^{Cal}.$$

c. Chaleur de polymérisation de 3^{mol} phényldicyanimide en triphényltricyanomélamine $- \Delta u = 3 \times 30^{Cal}$.

La première de ces valeurs démontre que la polymérisation spontanée de la phényldicyanimide dépasse le stade de la trimérisation. Par contre la seconde des valeurs de ce tableau met en évidence une grande variation d'énergie interne lors du passage du trimère en son polymère.

A ces variations d'énergie interne correspondent des variations de structure que l'on peut représenter comme suit :

Dans le cas de la valeur la plus faible, la polymérisation consiste en une cyclisation incomplète des fonctions nitriles de la phényldicyanimide. Le produit obtenu étant une molécule beaucoup plus grosse que le trimère, il est très vraisemblable qu'un nombre limité de molécules constitutives ont leurs deux fonctions nitriles cyclisées. L'assemblage résultant possède une structure lâche, formée d'une succession de cycles triaziniques possédant au moins une fonction nitrile libre, tandis que les extrémités de la chaîne pourraient en posséder deux. Par contre, dans la polymérisation de la triphényltricyanomélamine il faut envisager une structure serrée comme résultat de la cyclisation de toutes les fonctions nitriles.

PARASITOLOGIE. — *Sur les punaises du blé et l'effet de leurs piqûres.* Note (¹) de M. **Raymond Guillemet.**

Les blés d'Afrique du Nord, d'Espagne, de Hongrie, de Bavière et d'autres pays ont déjà eu à souffrir des ravages de punaises du genre *Aelia* ou *Eurygaster*. Certains blés de l'Est de la France de la récolte 1935 contenaient, en faible proportion, des grains piqués par ces hémiptères. En Afrique du Nord, *Aelia* suce le grain encore laiteux, qui est vidé partiellement de son contenu et se ride. Dans les pays moins chauds, les adultes, plus tardifs, s'attaquent au grain déjà presque mûr et seule une trace de la piqûre persiste. L'effet boulanger, dont l'importance dépend de nombreux facteurs, est cependant le même dans tous les cas : la pâte obtenue avec la farine de grains piqués, tout à fait normale au début, devient, au moment de la mise au four, molle, filante; elle s'affaisse et prend la forme d'une galette aplatie. Tout se passe en apparence comme s'il y avait un commencement de liquéfaction du gluten, bien que E. Berliner, après avoir vainement tenté de retirer une protéase des grains piqués, ait plutôt constaté une incapacité de leur gluten à retenir l'eau absorbée (²); en tout cas celui-ci est lui-même mou et filant et il est parfois impossible de le rassembler par le lavage habituel de la pâte. L'effet de quelques pour-cent de grains piqués est déjà sensible en boulangerie; au-dessus de 10 pour 100 la farine est impanifiable. Nous avons eu entre les mains des blés dont plus de 60 pour 100 des grains étaient punaisés.

(¹) Séance du 14 septembre 1936.

(²) *Das Mühlenlaboratorium*, n° 13, 1932, p. 77-80.

On a prétendu que la punaise vidait le grain de blé de son gluten ([1]). Nos expériences ont montré, au contraire, que l'amande des grains piqués jeunes et ridés est proportionnellement plus riche en azote que celle des grains restés sains; la punaise, à l'aide de son aiguillon buccal long de plusieurs millimètres, cherche vraisemblablement sa nourriture jusqu'au centre du grain, dans la région la moins riche en azote.

Ayant pu nous procurer plusieurs kilogrammes d'*Aelia cognata*, nous avons entrepris, soit avec des extraits aqueux de punaises entières vivantes ou mortes, soit avec des extraits de têtes de punaises, des essais d'amylolyse et des expériences sur du gluten de blé sain.

La présence de jus de punaises entières va jusqu'à tripler la vitesse de formation du maltose dans une macération de farine; les extraits de têtes de punaises à la même concentration sont beaucoup moins actifs mais provoquent cependant une accélération nette.

Si l'on fait macérer du gluten sain dans de l'eau additionnée de jus de punaises, on constate que ses qualités mécaniques décroissent fortement en quelques heures, alors qu'il n'en est rien pour un autre échantillon du même gluten laissé comme témoin dans l'eau pure. De plus, la viscosité relative d'une solution lactique de gluten additionnée de jus de punaises diminue avec le temps et peut tomber à la moitié de sa valeur initiale alors que la viscosité de la solution lactique témoin reste sensiblement constante.

En laissant macérer du blé entier sain broyé dans l'eau pure, on constate que l'azote soluble, provenant en grande partie du germe et représentant à peu près le sixième de l'azote total, n'augmente pas avec la durée de la macération. Si l'on additionne le milieu de jus de punaises, cette quantité d'azote soluble va jusqu'à atteindre en 12 heures le tiers de l'azote total du blé. Enfin la quantité d'azote formoltitrable selon la technique de Soerensen, fort petite et constante dans le temps pour une suspension de blé sain, augmente sensiblement en présence d'extrait de punaises.

Dans tous les essais ci-dessus, sur gluten, les extraits de cadavres de punaises mortes depuis plusieurs semaines sont aussi actifs que les extraits de punaises vivantes; les jus de macération d'insectes jeunes sont les plus efficaces; les extraits de têtes de punaises n'ont qu'une activité très réduite, mais certaine.

([1]) A. Balachowsky et L. Mesnil, *Les insectes nuisibles aux plantes cultivées*, Paris, 1935.

Ces faits expérimentaux autorisent à conclure que le corps des punaises de blé contient abondamment des amylases, et surtout des protéases, enzymes également présents dans la tête de l'insecte, mais en quantité beaucoup moindre.

Or le gluten extrait de la farine de blé punaisé donne lieu, à divers degrés, aux constatations ci-dessus en ce qui concerne l'amoindrissement spontané de ses qualités mécaniques et la faible viscosité, d'ailleurs décroissante, de ses solutions lactiques; par ailleurs on trouve davantage d'azote soluble et d'azote formoltitrable dans les macérations de grains piqués que dans celles de grains sains. De sorte qu'il nous semble logique d'expliquer l'effet boulanger résultant de l'emploi d'une farine obtenue à partir de grains punaisés, par l'effet des sucs digestifs sécrétés et injectés par l'insecte ([1]), qui se nourrit à la fois de substances azotées et amylacées. Ce qui reste dans la farine de ces protéases et amylases se dissout dans l'eau au moment de la fabrication de la pâte et l'on constate au bout de quelques heures son effet liquéfiant. Et ceci est en accord, d'une part avec le pouvoir diastasique anormalement élevé des blés punaisés, d'autre part avec le fait que quelques pour-cent seulement de grains piqués ont déjà un mauvais effet boulanger très net. On peut en outre en déduire que les techniques d'appréciation de la valeur boulangère d'une farine ne décèleront le punaisage qu'assez longtemps après la mise en pâte; toutefois, et il y a lieu d'insister sur ce point, au-dessus de 10 à 15 pour 100 de grains piqués, l'amoindrissement des qualités mécaniques de la pâte ou du gluten est quasi immédiat.

La séance est levée à 15h 30m.

A. Lx.

([1]) Le travail de la punaise sur un grain de blé peut durer plusieurs heures.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 28 SEPTEMBRE 1936.

PRÉSIDENCE DE M. LOUIS BOUVIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

PROTISTOLOGIE. — *Documents nouveaux relatifs aux Coccidinides (Dinoflagellés parasites). La sexualité du* Coccidinium Mesnili *n. sp.* Note [1] de M. **Édouard Chatton** et de Mlle **Berthe Biecheler**.

Nous avons fait connaître [2] deux Dinoflagellés parasites de deux Dinoflagellés libres des eaux saumâtres des environs de Sète : *Coccidinium Duboscqui* chez un *Peridinium* sp. qui est *P. balticum* Levander, et *C. Legeri* chez *Peridinium (Glenodinium) sociale* Henneguy. Chez deux autres Péridiniens des mêmes eaux, nous avons découvert, depuis, deux nouveaux Coccidinides : *C. punctatum*, n. sp. chez *Coolia monotis* Meunier et *C. Mesnili* n. sp. chez *Cryptoperidinium foliaceum* Stein. Résumons brièvement ce que nous connaissons de l'évolution de ces quatre formes.

Coccidinium Duboscqui a, nous l'avons dit, deux évolutions parallèles, l'une polyénergide, marquée par la multiplication précoce des noyaux dans les formes jeunes, l'autre, synénergide (Chatton 1925) où celles-ci s'accroissent assez longtemps avec un seul noyau, hypertrophié. Les unes et les autres siègent dans le noyau de l'hôte qu'elles digèrent rapidement.

La forme synénergide, pauvre en réserves, donne, après multiplication nucléaire suivie de clivage radiaire, une figure en rosace dont les éléments se séparent brusquement sans laisser ni reliquat central ni enveloppe périphérique. Ce sont des dinospores élancées, des « macrospores à casque », formées à nu, que nous désignons par le symbole Cn. Cette évolution est la

---

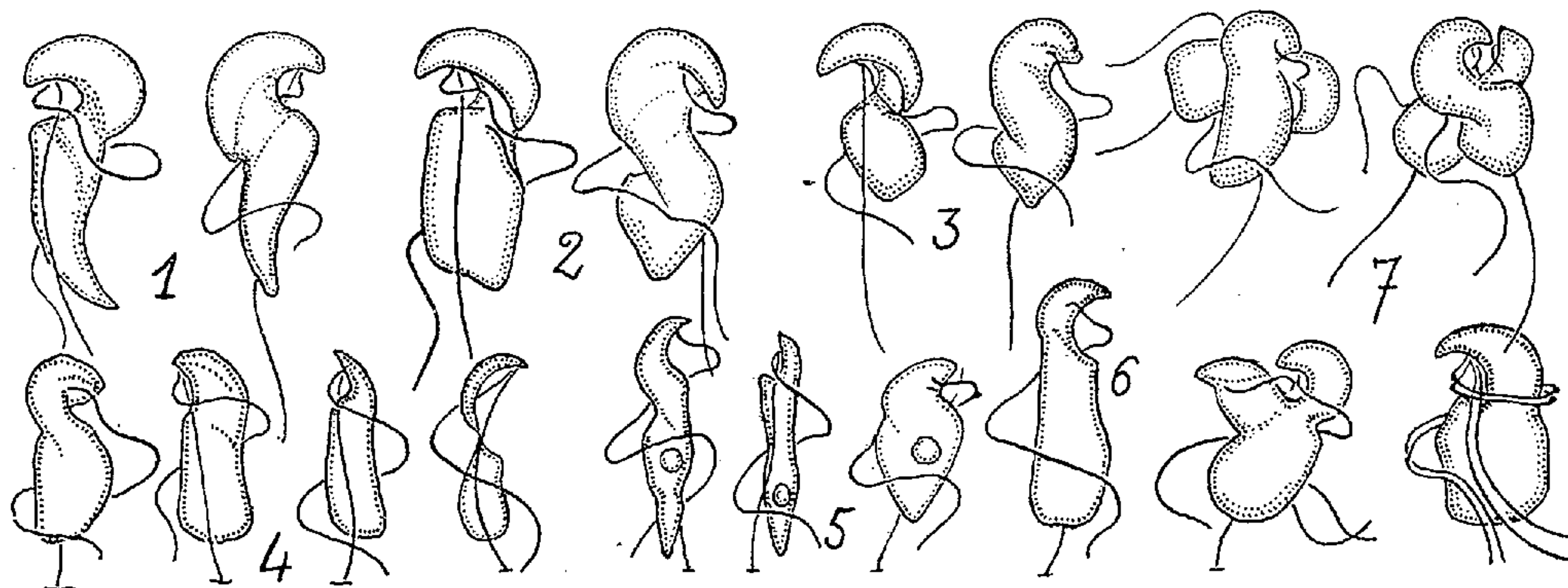
(1) Séance du 7 septembre 1936.

(2) *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 252.

seule qui, chez les Coccidinides connus, se fasse et s'achève à l'état nu, dans l'hôte resté mobile malgré la disparition totale de son noyau.

Les formes polyénergides accumulent du deutoplasme et se revêtent d'une mince enveloppe. Leur croissance prolongée fait qu'elles distendent le Péridinien, qui meurt toujours avant le début de la sporulation. Celle-ci consiste en un perlage sous le kyste, identique à celui des Grégarines. Les dinospores s'échappent par de courts sporoductes appartenant à l'enveloppe.

La complexité de l'évolution apparaît ici dans le fait qu'il y a, à partir des formes polyénergides, trois séries de stades aboutissant à trois types



Dinospores de *Coccidinium*. 1, macrospores à casque (C*n*) de *C. Duboscqui*; 2, macrospores à casque C de *C. Legeri*; 3, microspores à casque *c* de *C. Legeri*; 4, microspores à rostre (*r*) de *C. Legeri*; 5, microspores en tarière (*t*) de *C. Legeri*; 6, macrospores à rostre (R) de *C. Mesnili*; 7, trois stades de la fusion des gamètes et zygote de *C. Mesnili*.

différents de spores : 1° plasmodes pleins à deutoplasme fin; ébauches sporales érigées sur le reliquat et bien sculptées; microspores à casque (type *c*); 2° plasmodes à deutoplasme grossier, et à lacune centrale; ébauches sporales érigées, bien conformées; microspores à rostre (type *r*); 3° plasmodes pleins à deutoplasme fin; ébauches sporales frustes et couchées sur le reliquat; spores en tarière très altérables (type *t*). Ces trois séries diffèrent aussi par les caractères du reliquat de perlage du parasite et du résidu de l'hôte.

Il y a ainsi chez *C. Duboscqui*, constamment, et quelle que soit la provenance de l'hôte, quatre sporogénèses différentes et d'inégale vitesse : la sporogénèse C*n* très rapide (24 heures), à début synénergide; la sporogénèse *c*, protégée, qui dure 48 heures, les sporogénèses *r* et *t*, également protégées, exigeant 72 heures, toutes trois à début polyénergide.

Coccidinium Legeri, à début soit polyénergide, soit synénergide, n'a que trois séries de formes toutes intracytoplasmiques et protégées, qui tuent rapidement le *Peridinium* et poursuivent leur évolution dans son cadavre. Les trois séries se distinguent, avant toute sporulation, par l'épaisseur relative des enveloppes et les caractères du résidu péridinien, et, à la sporulation, par ceux du reliquat sporogénétique et par les types sporaux : C, *r* et *t*, identiques à leurs homologues du *C. Duboscqui*.

Coccidinium punctatum n'a que des formes jeunes synénergides intracytoplasmiques, riches en deutoplasme, creusées très tôt d'une lacune centrale où fait saillie un gros noyau périphérique. Elles sont revêtues d'un kyste à deux strates, l'interne mince perforée de grosses aréoles circulaires, l'externe épaisse, semée de bâtonnets radiaires, de nature amylacée, comme elle-même. La sporogénèse ne s'effectue pas par perlage, mais par découpage de la surface en lots de plus en plus petits. Un seul type de spores, très fragiles, à ébauches couchées (type *t*).

Coccidinium Mesnili n'a, lui, que des formes jeunes polyénergides, intracytoplasmiques, riches en deutoplasme, centrées par une vacuole. Elles altèrent très rapidement le *Cryptoperidinium*. Un seul type de formes végétatives, protégées par un kyste lisse à sporoductes qui percent l'enveloppe de l'hôte, fournit cependant quatre types différents de spores : C et *c*, R et *r*.

C'est dans cette espèce que nous avons, à maintes reprises et tout à loisir, observé la sexualité, sous forme d'une copulation entre une spore du type *r* et une autre du type *c*, suivie d'une fusion totale, s'effectuant à l'état mobile. Les deux spores se mettent en croix, puis en Y, confondant d'abord leurs hypocônes, puis leurs épicônes. Le processus, très constant dans sa démarche, ne dure que 5 minutes environ. Le zygote, qui est du type *c*, ventru, conserve, couplés parallèlement, les deux flagelles, hélicoïdaux et axiaux des gamètes. Immobile pendant la mixie, il se remet rapidement en mouvement. Nous pensons que c'est là la première observation d'un acte sexuel indiscutable chez un Dinoflagellé authentique.

De l'ensemble des documents précédents, il résulte :

1° Qu'entre les quatre Coccidinides connus, il y a de grandes différences dans la complexité de l'évolution et le polymorphisme des dinospores; mais le nombre des types sporaux constatés dans le groupe est limité à cinq. Dans une même espèce, il est de quatre au maximum (*C. Duboscqui* et *C. Mesnili*).

2° Qu'un même individu ne produit jamais qu'un seul type de dinospores, et que, chez *C. Duboscqui*, ce sont des formes végétatives bien différenciées

qui produisent les différents types. Au contraire, chez *C. Mesnili*, il n'y a qu'une forme végétative pour quatre types sporaux. Il y a donc des degrés divers dans la différenciation morphologique des séries sporogénétiques.

3° La zygose s'effectue, dans le seul cas où elle est connue, entre gamètes flagellés de types *c* et *r* (anisogamie légère) et en tout cas issus d'individus différents (hétérogamie). Le zygote est flagellé et dicinétide.

4° De l'ensemble des faits résulte l'impression que les Coccidinides, tout en constituant un groupe parfaitement homogène, ont été doués de potentialités évolutives multiples et que c'est non seulement dans la direction des Coccidies, mais aussi dans celle des Grégarines, que certaines d'entre elles se sont manifestées.

M. **Émile Mathias** fait hommage à l'Académie d'un Mémoire intitulé *L'industrie des très basses températures et des gaz rares*, qu'il a rédigé comme Président de la *XIe Commission internationale du Froid*.

ÉLECTIONS.

Par l'unanimité des suffrages, M. **Alfred Lacroix** est réélu membre du Conseil d'administration de la *Fondation Curie*.

CORRESPONDANCE.

M. **Jean Zay**, Ministre de l'Éducation nationale, a exprimé des condoléances à l'occasion du décès de M. *H. Le Chatelier*.

M. le **Secrétaire perpétuel** donne lecture des dépêches suivantes :

Duesseldorf, le 22 septembre 1936.

Au nom de l'École nationale des Mines de Pribram, je me permets de présenter nos condoléances au sujet de la mort de M. Henri Le Chatelier, le plus éminent métallurgiste de nos jours.

Alexandre Glazunov, Recteur.

Bucarest, le 23 septembre 1936.

A Monsieur Alfred Lacroix, Institut de France, Paris.

L'Académie roumaine exprime à l'Académie des Sciences ses condoléances les plus émues pour la perte de votre illustre Collègue Jean Charcot.

ALEXANDRU LAPEDATU, Président.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur un théorème de M. Glivenko.* Note (1) de M. **Alberto González Domínguez**, transmise par M. Émile Borel.

M. Paul Lévy (2) a démontré le *théorème limite : soit une suite de lois de probabilités* $\{U_n(t)\}$ *et une loi* $U(t)$. *Pour que l'on ait*

$$\lim_{n \to \infty} U_n(t) = U(t)$$

en tout point t où $U(t)$ *est continue, il suffit que la convergence de*

$$\int_{-\infty}^{\infty} e^{itx} dU_n(t) \quad \textit{vers} \quad \int_{-\infty}^{\infty} e^{itx} dU(t)$$

soit uniforme dans tout intervalle fini de la variable x.

M. V. Glivenko (3) a tout récemment démontré le théorème suivant, qui complète d'une façon bien intéressante celui de M. Lévy :

Soient une suite de lois de probabilités $\{U_n(t)\}$ *et une loi* $U(t)$. *Pour que l'on ait*

$$\lim_{n \to \infty} U_n(t) = U(t),$$

en tout point t où $U(t)$ *est continue, il faut et il suffit que*

$$\lim_{n \to \infty} \int_{-\infty}^{\infty} e^{itx} dU_n(t) = \int_{-\infty}^{\infty} e^{itx} dU(t).$$

Comme on le voit, tandis que le théorème de M. Lévy donne une condition suffisante, celui de M. Glivenko donne une condition *nécessaire et suffisante* (4).

(1) Séance du 14 septembre 1936.

(2) *Comptes rendus*, **175**, 1922, p. 854-856; *Calcul des Probabilités*, Paris, 1925, p. 197.

(3) *Giornale dell'Istituto Italiano degli Attuari*, 1936, p. 160-167.

(4) Des conditions nécessaires et suffisantes d'une autre nature avaient été déjà données par M. M. Jacob, *Comptes rendus*, **188**, 1929, p. 754-755.

Nous donnons ici une démonstration très brève de ce théorème, fondée sur la remarque qu'il peut être considéré comme le corrélatif, pour les intégrales de Fourier-Stieltjes, d'un théorème de M. Carathéodory ([1]) sur les séries de Fourier des fonctions monotones.

La condition est nécessaire. La démonstration de cette partie du théorème ayant été déjà donnée par M. Lévy ([2]), il est inutile de la reproduire ici. La condition est suffisante. Supposons en effet qu'elle soit vérifiée, et qu'il existe un point ξ, pour lequel $U(t)$ soit continue, et où $U_n(\xi)$ ne converge pas vers $U(\xi)$. Il y aura alors une suite partielle $\{U_{n_i}(t)\}$, telle que $\lim\limits_{i\to\infty} U_{n_i}(\xi) = L \neq U(\xi)$. D'après un théorème connu de M. Helly ([3]) de la suite $\{U_{n_i}(t)\}$, de fonctions non décroissantes, uniformément bornées, on peut extraire une suite partielle $\{U_{n_{i_j}}(t)\}$ convergeant vers une fonction bornée non décroissante $g(t)$, dans tous les points où celle-ci est continue. Il est facile aussi de voir que la fonction $g(t)$ peut être choisie de manière à avoir

$$g(t) = \frac{1}{2}\{(t+0) + g(t-0)\}.$$

La suite des fonctions caractéristiques $\left\{\int_{-\infty}^{\infty} e^{itx}\,d\,U_{n_{i_j}}(t)\right\}$ tend, en vertu de l'hypothèse, vers une fonction *continue* $\left(\text{à savoir la fonction } \int_{-\infty}^{\infty} e^{itx}\,d\,U(t)\right)$. Cette suite remplit donc les conditions exigées dans un théorème de M. Bochner ([4]), d'où l'on peut conclure que l'on a l'égalité

$$\lim_{j\to\infty}\int_{-\infty}^{\infty} e^{itx}\,d\,U_{n_{i_j}}(t) = \int_{-\infty}^{\infty} e^{ixt}\,d\,g(t) = \int_{-\infty}^{\infty} e^{itx}\,d\,U(t).$$

Donc, d'après le théorème d'unicité bien connu de M. Bochner ([5]) pour cette classe d'intégrales, appliqué à notre cas, on doit avoir

$$g(t) \equiv U(t).$$

On a donc

$$\lim_{j\to\infty} U_{n_{i_j}}(t) = U(t),$$

([1]) *Sitzungsberichte der Berl. Akad. der Wiss.*, 30, 1920, p. 559-573.

([2]) *Loc. cit.*, 1 (*b*), p. 195-196.

([3]) *Sitzungsberichte der Akad. der Wiss. Wien*, 121, 1912, p. 265-297.

([4]) *Vorlesungen ueber Fouriersche Integrale*, 1932, p. 71; cf. aussi VITALI-SANSONE, *Moderna Teoria delle Funzioni di variabile Reale*, Bologna, 1935, p. 284.

([5]) *Loc. cit.*, p. 67.

dans tous les points de continuité de $U(t)$ et, en particulier,

$$\lim_{j \to \infty} U_{n_{i_j}}(\xi) = U(\xi).$$

Mais, $\{U_{n_{i_j}}(t)\}$ étant une suite partielle de $\{U_{n_i}(t)\}$, on a aussi

$$\lim_{j \to \infty} U_{n_{i_j}}(\xi) = \lim_{i \to \infty} U_{n_i}(\xi) = L \neq U(\xi).$$

Mais cela est en contradiction avec l'égalité antérieure. Le théorème est donc démontré.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur l'univalence ou la multivalence locale.* Note de M. **Paul Montel.**

1. Soit $f(z)$ une fonction holomorphe dans le cercle-unité (C) : $|z| < 1$. Nous dirons que $f(z)$ est *localement univalente dans* (C), si elle est univalente dans tout cercle de rayon ρ intérieur à (C). Le nombre ρ, évidemment compris entre 0 et 1, est appelé *module d'univalence locale.* Lorsque ρ est égal à 1, la fonction est univalente dans (C) : nous dirons, par opposition, qu'elle est globalement univalente. Enfin nous dirons que $f(z)$ est *localement univalente dans l'intérieur de* (C) si elle est localement univalente dans tout domaine intérieur à (C).

Pour qu'une fonction soit localement univalente dans l'intérieur de (C), *il faut et il suffit que sa dérivée première ne s'annule pas dans ce domaine.*

Lorsque des fonctions, en nombre fini ou infini, admettent dans un domaine un même module d'univalence locale, nous dirons qu'elles sont *également localement univalentes.* Les propriétés des familles de fonctions également localement univalentes les rapprochent beaucoup des familles de fonctions globalement univalentes. Ainsi l'univalence locale se conserve par un passage uniforme à la limite lorsque la fonction limite n'est pas une constante. D'une manière précise :

La limite uniforme d'une suite de fonctions localement univalentes de module ρ est une fonction localement univalente de module ρ ou une constante. Réciproquement, si une suite de fonctions holomorphes converge uniformément vers une fonction localement univalente de module ρ, les fonctions de la suite sont, à partir d'un certain rang, localement univalentes de module ρ.

2. On sait que les fonctions univalentes dans un domaine admettent un « théorème de contraction » dû à M. Kœbe et un « théorème de rotation »

dû à M. Bieberbach. Il en est de même pour les fonctions également localement univalentes et réciproquement; chacun de ces théorèmes caractérise les familles de fonctions qui possèdent une égale univalence locale. En d'autres termes :

Soit une famille de fonctions $f(z)$ holomorphes et également localement univalentes dans l'intérieur de (C); z_1 *et* z_2 *deux points d'un domaine* (C_1) *intérieur à* (C), *on a*

$$\frac{1}{k} \leqq \left| \frac{f'(z_1)}{f'(z_2)} \right| \leqq k, \qquad -h \leqq \arg \frac{f'(z_1)}{f'(z_2)} \leqq h,$$

k et h désignant des constantes qui ne dépendent que de (C_1).

Réciproquement, si les fonctions d'une famille vérifient l'une de ces doubles inégalités, ces fonctions sont également localement univalentes dans l'intérieur de (C).

On ne considère pas comme distinctes les fonctions $f(z)$ et $af(z)+b$, a et b désignant deux constantes dont la première n'est pas nulle, de sorte qu'on peut toujours supposer $f(0)=0$, $f'(0)=1$.

Soit (E) la famille des fonctions

$$f(z) = z + a_2 z^2 + \ldots + a_n z^n + \ldots,$$

holomorphes dans (C) et localement univalentes de module ρ. Les modules maxima $M(r)$, $M_1(r)$, ..., $M_n(r)$, ... des fonctions $f(z)$, $f'(z)$, ..., $f^{(n)}(z)$, ... pour $|z| \leqq r < 1$ sont bornés par des fonctions de r et de ρ. En particulier, les nombres $|a_2|$, ..., $|a_n|$, ... sont bornés par des nombres qui ne dépendent que du rang n et de ρ.

3. On dit que $f(z)$ est *localement multivalente d'ordre* **p** *dans* (C) lorsqu'elle est multivalente d'ordre p dans tout cercle de rayon ρ intérieur à (C). Les notions de module de multivalence locale, de multivalence locale dans l'intérieur de (C), d'égale multivalence locale d'ordre p se déduisent aisément des notions analogues relatives à l'univalence. La conservation de l'ordre de multivalence locale et de son module par un passage à la limite et la proposition inverse sont encore vraies quand l'ordre est supérieur à l'unité.

Bornons-nous aux fonctions *complètement localement multivalentes d'ordre* **p**, c'est-à-dire telles que la propriété de multivalence locale et le module ne soient pas altérés si l'on ajoute à la fonction un polynome arbitraire de degré $(p-1)$:

Pour qu'une fonction soit complètement localement multivalente d'ordre **p**

dans l'intérieur d'un domaine, il faut et il suffit que sa dérivée d'ordre p ne s'annule pas dans ce domaine.

Les familles de fonctions possédant une multivalence locale d'ordre p, égale et complète, sont caractérisées par l'existence d'un « théorème de contraction » et d'un « théorème de rotation » portant sur la dérivée d'ordre $(p-1)$:

Soit une famille de fonctions holomorphes dans (C) *et possédant, dans l'intérieur de* (C), *une multivalence locale d'ordre p, complète et égale;* z_1 *et* z_2 *étant deux points d'un domaine* (C_1) *intérieur à* (C), *on a*

$$\frac{1}{k_p} \leq \left| \frac{f^{(p)}(z_1)}{f^{(p)}(z_2)} \right| \leq k_p, \qquad -h_p \leq \arg \frac{f^{(p)}(z_1)}{f^{(p)}(z_2)} \leq h_p,$$

k_p *et* h_p *désignant des constantes qui ne dépendent que de* (C_1).

Réciproquement, si les fonctions d'une famille vérifient l'une de ces doubles inégalités, ces fonctions possèdent une multivalence locale d'ordre p, complète et égale.

Enfin la famille des fonctions

$$f(z) = z^p + a_{p+1} z^{p+1} + \ldots + a_{p+n} z^{p+n} + \ldots$$

holomorphes dans (C), également localement multivalentes d'ordre p d'une manière complète, donne lieu à des propositions semblables à celles qui ont été énoncées pour la famille (E) à la fin du paragraphe 2.

RADIATIONS. — *Sur la luminescence de substances solides provoquée par excitation directe dans une ampoule à gaz de Geissler.* Note de M. **Marcel Servigne**, présentée par M. G. Urbain.

On sait que l'émission d'une substance solide luminescente peut varier avec le moyen d'excitation utilisé.

Il a été montré à ce sujet qu'un même échantillon, soumis à l'action des *rayons cathodiques* ou à l'action des *rayons ultraviolets*, émet en général les mêmes bandes spectrales; mais les rapports d'intensité entre ces bandes diffèrent suivant le mode d'excitation. Ce résultat se traduit par un tracé caractéristique des courbes spectrophotométriques correspondantes.

De plus, l'essai de nombreuses substances naturelles ou synthétiques a montré que leur *sensibilité aux agents excitateurs* dépend souvent de la nature de ces derniers. De ce point de vue on trouve que les corps minéraux les plus actifs aux rayons ultraviolets (sulfures, tungstates) donnent

également une émission intense sous l'action d'électrons relativement lents (1000 volts). Mais la réciproque n'est pas aussi généralement vérifiée : il existe en effet des composés fortement cathodoluminescents dont l'émission, provoquée par la lumière ultraviolette de l'arc au mercure, a une très faible intensité. C'est par exemple le cas d'un phosphate tricalcique soigneusement purifié et contenant 1 pour 100 d'oxyde de samarium.

J'ai utilisé les circonstances précédentes pour étudier, à l'aide de quelques substances caractéristiques, la nature des *luminescences obtenues par excitation directe des composés solides à l'intérieur d'une ampoule à gaz fonctionnant en tube de Geissler.*

L'ampoule, en verre pyrex, munie de deux électrodes contenait à la température ordinaire, sous pression de quelques millimètres de mercure, un mélange de gaz rare néon ou argon et de vapeur saturante de mercure. Pour une tension aux bornes de l'ordre d'une centaine de volts et un débit de quelques fractions d'ampère, le tube est occupé sur toute sa longueur par la colonne positive du mélange gazeux excité. Sa lueur diffuse a un spectre qui est formé par les raies caractéristiques du mercure et qui se prolonge dans l'ultraviolet assez lointain ($\lambda < 250^{m\mu}$). Du point de vue élémentaire, cette production d'énergie lumineuse est expliquée par l'action ionisante, sur les atomes gazeux, des électrons libérés sous l'effet de la décharge et convenablement accélérés dans le champ électrique. Les centres électrisés positifs et négatifs ainsi produits donnent continuellement lieu à des chocs et à des recombinaisons, d'où résulte l'émission positive. L'énergie et le parcours des ions et des électrons sont variables. En particulier, il semble que l'on ait à envisager ici des électrons lents.

C'est en présence des agents d'excitation précédents que j'ai observé la luminescence de nombreuses substances préalablement réparties en couche très mince sur la paroi intérieure du tube. Les émissions étaient photographiées par transmission pendant le fonctionnement de l'ampoule en régime constant.

Les principaux faits notés sont les suivants :

1° La sensibilité de nombreux composés et la composition spectrale des lumières émises sont analogues à celles de la *photoluminescence* des mêmes produits. De plus, avec certaines substances nettement cathodoluminescentes, telles que le phosphate de calcium déjà signalé, les émissions dans le tube sont très faibles.

2° Si, pendant le fonctionnement du tube relié à une pompe à vide, on diminue graduellement la pression intérieure, on voit disparaître la colonne

positive. Celle-ci doit faire place vers les électrodes, dans l'ampoule habituelle de Geissler, à un espace obscur où les électrons sont beaucoup plus rapides. Mais, avec notre dispositif, on constate que la substance intérieure, telle que le tungstate de calcium actif, continue à être excitée dans ces nouvelles conditions; le tube reste ainsi fortement lumineux sur toute sa longueur pour une très faible pression. Toutefois, le spectre de l'émission varie pendant le pompage et il devient identique à celui de la *cathodoluminescence du produit utilisé*, pour une pression voisine de 1/100 de millimètre de mercure.

On peut ici conclure que, dans l'excitation des luminescences étudiées, l'action des électrons libres du gaz est prépondérante à très basse pression et devient de plus en plus faible lorsque cette pression augmente. Dans les conditions adoptées pour le fonctionnement normal de l'ampoule, l'influence de ces électrons probablement trop lents est négligeable.

3° On peut adjoindre à certaines substances actives, avant le traitement thermique effectué au cours de leur préparation, un composé chimiquement très stable, tel que la silice pure, jusqu'à la dose de 80 pour 100. L'addition d'une trace d'acide borique facilite la fusion totale et la formation vers 1200° d'un produit sensiblement homogène, cristallin après refroidissement. L'examen aux rayons X du nouveau produit, obtenu par exemple avec le tungstate de calcium, montre que les caractères distinctifs des matières mélangées subsistent après la fusion : il y a dans les grains du produit résultant, finement broyé, juxtaposition des micro-cristaux de l'addition stable et du composé luminescent.

On constate de plus que la silice protège mécaniquement ce tungstate des agents réducteurs tels que l'hydrogène naissant, sans nuire pour cela à la composition de la lumière et au rendement de la matière active. L'addition est donc transparente, sous très faible épaisseur, aux agents excitateurs. En conséquence, dans le phénomène de luminescence étudié, *les ions du gaz, trop peu pénétrants, se trouvent eux aussi mis hors de cause.*

En conclusion de ce qui précède, on peut poser que, parmi les différentes formes d'énergie envisagées dans l'ampoule, seuls les rayons ultraviolets ont une action importante dans les conditions de fonctionnement adoptées. Les émissions obtenues avec de nombreuses substances solides à l'intérieur du tube à gaz sont en majeure partie des émissions de *photoluminescence.*

CHIMIE PHYSIQUE. — *Recherches sur les acétates basiques de plomb.* Note (¹) de MM. **René Dubrisay** et **Albert Saint-Maxen**, transmise par M. Henry Le Chatelier.

Nous nous sommes proposé d'étudier les systèmes eau-ammoniaque-acétate de plomb et eau-soude-acétate de plomb. Les résultats obtenus sont représentés sur la courbe ci-jointe dans laquelle on a porté en abcisses les teneurs en alcali et en ordonnées les teneurs en plomb d'une solution en équilibre avec une phase solide. Dans les deux cas l'aspect est analogue, en ce sens qu'on obtient deux branches de courbe distinctes, la première correspondant à des liquides en équilibre, avec l'acétate neutre trihydraté (²). Mais, pour la seconde branche de courbe, la phase solide est constituée dans le cas de l'ammoniaque par un acétate basique Ac^2Pb, $2PbO$, H^2O (³) et dans le cas de la soude par l'hydroxyde $3PbO$, H^2O (⁴).

Il est permis de regarder avec Weinland et Paul (⁵) l'acétate basique comme l'acétate de triplombooxodihydroxyle $Ac^2[Pb^3O(OH)^2]$ à rapprocher du bromate homologue qui présente le même aspect cristallin. L'hydroxyde $3PbO$, H^2O serait l'oxyde correspondant $O[Pb^3O(OH)^2]$.

En milieu ammoniacal, on constate sur la figure que l'exposant d'hydrogène de la solution varie d'abord lentement puis présente un changement d'allure pour des abscisses voisines de celles du point anguleux. En milieu sodique, les variations sont brutales. Toutefois, si l'on tamponne la solution par addition d'acétate de soude à la dose de 1 mol/g par litre, on met en évidence un phénomène analogue.

L'accroissement de solubilité qui se manifeste tout d'abord ne peut être expliqué que par la formation d'un nouvel acétate basique particulièrement soluble. Nous avons cherché à faire cristalliser ce produit à partir des solutions correspondant à la première partie du diagramme : mais la chose est rendue difficile par la grande viscosité et la forte densité des solu-

---

(¹) Séance du 14 septembre 1936.

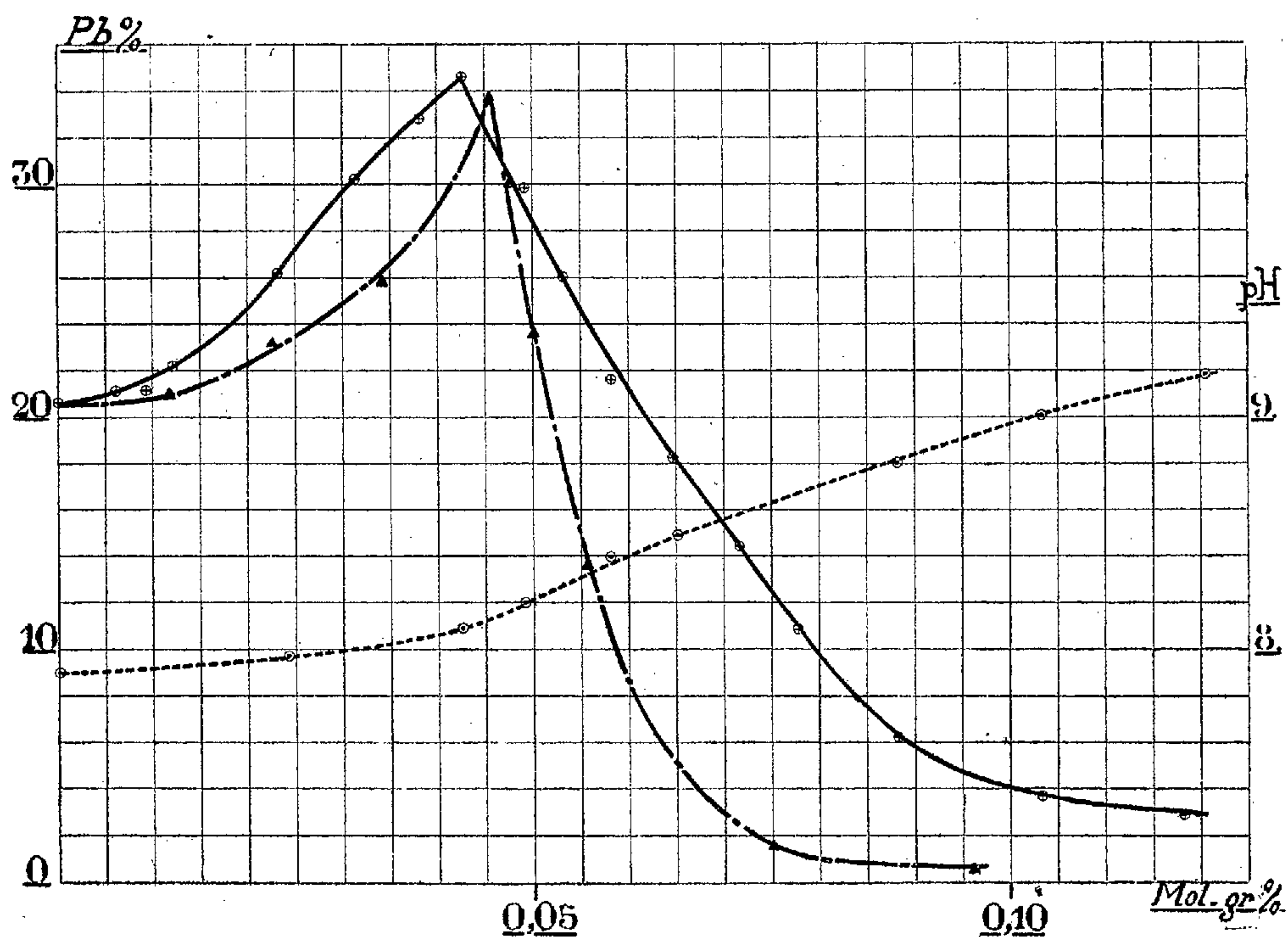
(²) Plomb calculé 54,9. Trouvé 54,35. Radicaux acétiques CH^3CO^2 calculé 31,12. Trouvé par la méthode à la benzidine de Han et Chu 30,8.

(³) Plomb calculé 78,75. Trouvé 79,08. Radicaux acétiques calculé 14,97. Trouvé 14,85.

(⁴) Plomb calculé 90,2. Trouvé 89,5.

(⁵) *Zeits. anorg. Chem.*, **129**, 1923, p. 243.

tions. Toutefois, par évaporation d'une liqueur contenant 33,9 pour 100 de plomb nous avons obtenu un produit se présentant sous forme de tablettes hexagonales, identiques à celles qu'avaient préparées par d'autres voies Payen (¹) et Jackson (²). On obtient d'ailleurs le même sel soit par action de l'acétate neutre sur l'acétate tribasique soit par action de l'hydro-



xyde de plomb sur l'acétate neutre dans le rapport de 4 à 10 (³). Dans ce dernier cas, la méthode des restes conduit à attribuer au produit la formule $3Ac^2Pb, PbO, 3H^2O$ (⁴).

On peut, comme l'avait fait Plöchl (⁵), regarder ce composé comme un

(¹) *Annales de Chimie et de Physique*, 2ᵉ série, 66, 1837, p. 46.

(²) *Journ. of the Franklin Institute*, 178, 1914, p. 492.

(³) Nous donnerons ultérieurement des justifications d'ordre physicochimique de l'identité des trois corps. Notons seulement que le taux de plomb est le même pour les trois et que l'un quelconque d'entre eux fait cristalliser les solutions sursaturées des deux autres.

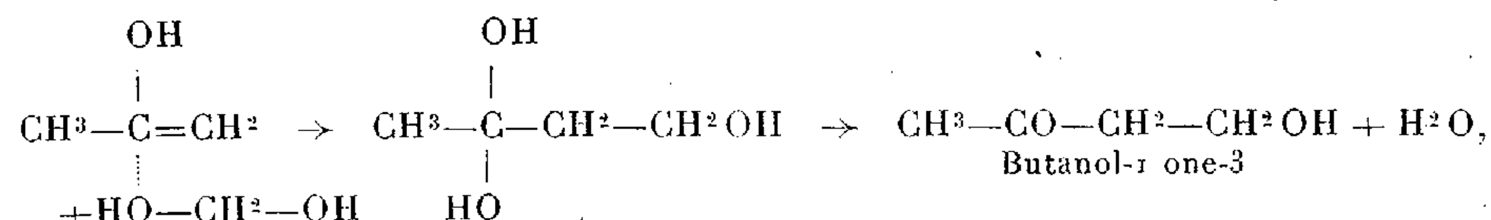
(⁴) Plomb calculé 66,13. Trouvé 65,94.

(⁵) *Ber. deutsch. Chem. Ges.*, 13, 1880, p. 1647.

hydrate de l'hydroxyde de diplombotriacétyle (Pb^2Ac^3)OH. Cet auteur avait isolé le formiate dudit hydrate : par la suite, Weinland en a préparé le perchlorate [1] et plus récemment Grillot a obtenu le chlorure correspondant [2].

CHIMIE ORGANIQUE. — *Contribution à l'étude du mécanisme de la condensation entre l'acétone et la formaldéhyde.* Note [3] de M. **Louis-André Germann**, présentée par M. Marcel Delépine.

M. H. Gault et moi [4] avions envisagé comme vraisemblable que la condensation entre l'acétone et la formaldéhyde, en milieu aqueux, reposait en réalité sur le passage de cette aldéhyde à la forme hydratée $CH^2(OH)^2$, la réaction pouvant être formulée de la manière suivante :



Or nous avons pu établir que cette condensation s'effectue également en substituant à la solution aqueuse de formaldéhyde une solution de même concentration dans l'alcool anhydre préparé selon le mode opératoire que nous décrivons ci-après :

L'alcool absolu du commerce est laissé plusieurs heures en contact avec du nitrure de magnésium, dans un flacon relié à l'atmosphère par l'intermédiaire de deux tubes absorbeurs, l'un chargé de P^2O^5, l'autre de $CaCl^2$. Cet alcool est ensuite distillé sur du nitrure de magnésium à l'abri de l'air humide. Pour chasser l'ammoniac dissous dans l'alcool, et provenant de la décomposition du nitrure par des traces d'eau, il suffit de chauffer légèrement l'alcool sous pression réduite.

Cet alcool reçoit ensuite les vapeurs de formaldéhyde provenant de la décomposition de trioxyméthylène, préalablement desséché par un chauffage à 100° pendant 5 heures dans le vide. La décomposition du trioxyméthylène se fait par simple chauffage dans un appareil rigoureusement

(1) Weinland et Stroh, *Ber. deutsch. Chem. Ges.*, 55, 1922, p. 2706.
(2) *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 1049.
(3) Séance du 21 septembre 1936.
(4) *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 620.

étanche à l'air humide, l'équilibre avec la pression atmosphérique se faisant par l'intermédiaire d'une tubulure reliée à un absorbeur contenant du charbon actif et plongé dans un mélange acétone-neige carbonique. L'atmosphère du laboratoire reste ainsi pure de toute trace de formaldéhyde. La condensation entre l'acétone et la solution alcoolique de formaldéhyde se fait sur une machine à secousses à l'abri de l'air humide, en présence d'un agent de condensation approprié.

On mélange directement 116^g (2 mol/g) d'acétone et 100^g de solution alcoolique de formaldéhyde à 30 pour 100 (1 mol/g). A ce mélange, on ajoute 3^g de carbonate de potassium. La totalité du carbonate n'est pas soluble, une partie restant, sous forme de dépôt, au fond du flacon. On agite pendant 4 heures, la température du liquide monte jusqu'à 30°, puis on filtre, neutralise par $CH^3.COOH$, filtre à nouveau et chasse l'acétone et l'alcool au bain-marie dans le vide.

La distillation du résidu pesant 49^g,2 nous a donné 25^g,6 de butanol-1 one-3 pure et 9^g,4 de méthylène-2 butanol-1 one-3.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Présence de la vitamine* E *dans l'embryon de cacao.* Note de MM. **Henri Labbé** et **Frédéric Heim de Balsac**, présentée par M. Alexandre Desgrez.

Comme suite à nos travaux sur les différentes sortes de vitamines contenues dans l'amande du cacao et ses annexes, nous avons recherché la présence du facteur E dans l'embryon de la graine, plus exactement, dans la partie séparée industriellement des cotylédons et dénommée improprement germe, ainsi que dans une fraction de leur extrait gras préalablement enrichie par saponification et concentration.

Nous avons adopté la technique proposée par Evans, c'est-à-dire examen des troubles apportés dans les fonctions de reproduction des rats mâles ou femelles soumis à un régime privé de vitamine E (régime B. R. 228, renfermant 22 pour 100 de saindoux) biologiquement complet sous les autres rapports. Les femelles soumises à un tel régime doivent se montrer stériles après 60 jours de traitement. Effectivement, après une telle durée de carence, nos femelles de 3 à 4 mois ont été incapables de reproduire, après cohabitation avec des mâles dont la capacité de reproduction avait été préalablement vérifiée. D'ailleurs, d'après les indications d'Evans, des femelles ainsi carencées pourraient encore être fécondées, mais la gestation

serait toujours interrompue dans son cours, au treizième jour, avec résorption ultérieure et progressive du fœtus, de telle sorte que la reproduction serait, de toute façon, impossible.

Au cours de notre travail, nous n'avons pas pu constater, sur les animaux choisis, une succession aussi nette des phénomènes signalés par Evans.

I. *Effet curatif de l'embryon de cacao sur les animaux carencés en facteur* E. Nous avons d'abord recherché les effets produits par l'adjonction au régime carencé, soit de l'embryon du cacao, soit de son extrait gras total, soit, enfin, d'une fraction de cet extrait éventuellement enrichie, afin de vérifier si une telle adjonction serait capable de guérir les troubles, notamment la stérilité, provoqués par la carence en facteur E.

Nos femelles, complètement carencées par deux mois de mise au régime 228, ont reçu, ensuite, en plus dudit régime : 10 pour 100 de son poids d'embryon de cacao, ou 1 pour 100 d'extrait gras d'embryon ou, enfin, 0,1 pour 100 de la fraction de cet extrait supposée enrichie en vitamine E. Mises en cohabitation avec le mâle, après un mois de ce régime décarencé, les rates n'ont montré aucun signe de fécondation. L'examen histologique pratiqué sur quelques-unes d'entre elles, treize jours après la mise au mâle, n'a pas été différent de ce qu'il était chez les femelles mises au mâle et sacrifiées alors qu'elles étaient encore soumises au régime de la carence complète.

Plusieurs femelles du lot qui avaient été ainsi mises au mâle sans résultat ont été conservées et soumises, pendant 30 jours de plus, au régime carencé additionné d'embryon de cacao; après une nouvelle mise au mâle, ces femelles ont été cette fois fécondées et ont mis bas des petits paraissant normalement constitués. Par contre, les femelles du même lot soumises au décarencement par l'extrait gras de germes de cacao ou par la fraction que l'on pouvait supposer riche en vitamine E n'ont pas pu être fécondées.

II. *Effet préventif de l'embryon de cacao.* — Un troisième lot de femelles du même âge a été traité d'une façon différente, dans le but de rechercher l'action préventive de l'embryon de cacao sur la stérilité. Plusieurs femelles ont été mises au régime de carence B. R. 228, mais avec adjonction à ce régime, dès le début, à titre préventif, d'embryon de cacao pour les unes et de fractions d'extrait d'embryon supposées contenir la vitamine E pour les autres. L'alimentation a été poursuivie pendant deux mois. Ces femelles ont montré une gestation évidente, lorsqu'elles ont été sacrifiées le 13ᵉ jour après leur mise au mâle. La présence d'embryons a été dûment constatée dans les trompes.

Les conclusions à tirer de nos expériences paraissent être les suivantes :

1° La carence en vitamine E réalisée par le régime B. R. 228 détermine la stérilité chez les rats femelles. Cette stérilité est prévenue par l'adjonction d'embryons de cacao au régime de carence ainsi que par l'adjonction d'un extrait d'embryon supposé contenir la vitamine E.

2° Pour obtenir l'effet curatif sur la stérilité des rates carencées, l'administration des embryons de cacao doit être suffisamment prolongée (deux mois environ). L'administration de l'extrait gras d'embryon présupposé contenir la vitamine E a été insuffisante pour obtenir l'action curative.

La séance est levée à 15h35m.

E. P.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES D'AOÛT 1936.

Sklad i Wlasności Koksów Górnaślaskich, par MIKOLAJ CZYŹEWSKI. Sosnowiec, Edmund Mirek, 1933; 1 fasc. 1933.

Monographia das Malvaceas Brasileiras, par HONORIO DA C. MONTEIRO FILHO, fasc. 1. O Genero Sida. Rio de Janeiro, Directoria de Estatistica da Producção, 1936; 1 fasc. 23^{cm}.

Wegiel Brunatny Kopalni « Zygmunt », par ADAM DRATH. Varszaiva, Wydane z zapomogi Akademjl nauk Technicznich, 1935; 1 fasc. 23^{cm}.

Techniques chirurgicales, par A. GOSSET. Paris, Masson et Cie, 1936; 1 vol. 26^{cm}.

Die Filosofie der Selbstverständlichkeit (Fysiosofie), par FRANZ KAIBEL. Weimar, Franz Kaibel-Verlag, s. d.; 1 vol. $20^{cm},5$.

Le volcan actif de l'Ile de la Réunion et ses produits, par ALFRED LACROIX. Paris, Gauthier-Villars, 1936; 1 vol. $25^{cm},5$.

Face au péril aéro-chimique. La sécurité chez nous, sans masque, sans abri, par PAUL BRUÈRE et GEORGES VOULOIR. — *La ville sous les bombes, anticipation*, par JOSÉ GERMAIN. Paris, Éditions Médicis, 1936; 1 vol. $23^{cm},5$. (Présenté par M. A. Desgrez.)

Union géodésique et géophysique internationale. Association internationale de Géodésie. *Rapport général sur les nivellements de précision exécutés pendant les trois années* 1930, 1931 et 1932 *dans les pays adhérents à l'Union géodésique et géographique internationale*, par JEAN VIGNAL et ROBERT TATON. Extrait des *Comptes rendus des travaux de l'Association internationale de Géodésie*, tome XII. Paris, Édition J. Arnaud; 1 vol. $27^{cm},5$.

Union géodésique et géophysique internationale. Association internationale de Géodésie. *Rapport sur les travaux du service du nivellement général de la France en* 1930, 1931 *et* 1932, par JEAN VIGNAL. Extrait des *Comptes rendus des travaux de l'Association internationale de Géodésie*, tome XI, fasc. III. Paris, Imprimerie Sofcar, 1933; 1 fasc. $28^{cm},5$.

Le nivellement général de la France, par JEAN VIGNAL. Paris. Imprimerie Sofcar, 1936; 1 vol. 27^{cm}.

Union géodésique et géophysique internationale. Association internationale de Géodésie. *Évaluation de la précision d'une méthode de nivellement*, par JEAN VIGNAL. Extrait du *Bulletin géodésique*, n° 49, janvier-février-mars 1936. Toulouse, Édouard Privat et Paris, J. Hermann; 1 fasc. 24^{cm}.

Les changements du niveau moyen des mers le long des côtes en Méditerranée et

dans le monde, par JEAN VIGNAL. Extrait des *Annales des Ponts et Chaussées, mémoires et documents,* octobre 1935. Paris, A. Dumas, 1935; 1 fasc. 24^{cm}.

Union géodésique et géophysique internationale. Association internationale de Géodésie. Cinquième assemblée générale. Lisbonne, septembre 1933. *Compte rendu des travaux de la Commission internationale des nivellements*, par JEAN VIGNAL. Extrait du *Bulletin géodésique,* n° 45, janvier-février-mars 1935, et n° 46, avril-mai-juin 1935. Toulouse, Édouard Privat et Paris, J. Hermann, 1936; 1 fasc. 24^{cm}.

Union géodésique et géophysique internationale. Association internationale de Géodésie. Sixième assemblée générale. Édimbourg, septembre 1936. *Programme des travaux de la Commission internationale des nivellements*, par JEAN VIGNAL. Extrait du *Bulletin géodésique*, n° 51, juillet-août-septembre 1936. Toulouse, Édouard Privat et Paris, J. Hermann, 1936; 1 fasc. 24^{cm}.

Deuxième mémoire pour servir à l'Étude de la prospection sur plan, par le lieutenant-colonel L. FR. MOREAU. Senlis, Imprimeries réunies, 1936; 1 fasc. $21^{cm},5$.

Société des Nations. *Le problème de l'Alimentation.* Vol. I. *Rapport préliminaire du Comité mixte pour le problème de l'alimentation.* Genève, Service des publications de la Société des Nations, 1936; 1 vol. 24^{cm}.

Les nouveaux martyrs. Destin des minorités, par ALDO DAMI. Paris, Fernand Sorlot, 1936; 1 vol. $22^{cm},5$.

Société des Nations. *Le problème de l'Alimentation.* Vol. II. *Rapport sur les bases physiologiques de l'Alimentation.* Vol. III. *L'Alimentation dans divers pays.* Genève, Service des publications de la Société des Nations, 1936; 2 vol. $23^{cm},5$.

Summary Report on present Tendencies in the Development of mathematical teaching in Japan, by M. KUNIYEDA. Tokyo, Maruzen Co., 1936; 1 fasc. 22^{cm}.

Division Report on present Tendencies in the Development of mathematical Teaching in Japan, prepared by the Japanese National Commission on the Teaching of mathematico. Tokyo, Maruzen Co., 1936; 1 vol. $22^{cm},5$.

Le Portugal hydrologique et climatique. Édition officielle de la Direction générale des Mines et Services géologiques et de l'Institut d'hydrologie et de climatologie de Lisbonne. Lisbonne, Soc. Astoria, 1934-1935; 3 vol. $22^{cm},5$.

N° 216. Chambre des Députés. Session ordinaire de 1936. *Projet de loi portant règlement définitif du Budget de l'exercice* 1934. Paris, Imprimerie Nationale, 1936; 1 vol. $30^{cm},5$.

ERRATA.

—

(Séance du 6 juillet 1936.)

Note de M. *Wolfgang Dœblin*, Sur les chaînes discrètes de Markoff :

Page 24, dernière ligne, *au lieu de* $p_{i_1} p_{i_{m-1} j}$, *lire* $p_{i i_1} \ldots p_{i_{m-1} j}$.

Page 25, ligne 24, *au lieu de* l'écart-type de m_i^n est soit identiquement nul (cas non aléatoire), *lire* l'écart-type de m_i^n est soit identiquement nul si l'état initial est connu (cas non aléatoire) ; ligne 27, *au lieu de* $(\log 2n + c \log 3n)$, *lire* $(\log_2 n + c \log_3 n)$; ligne 30, *au lieu de* si nous sommes dans un cas aléatoire, *lire* si $X^{(1)} + \ldots + X^{(n)}$ reste aléatoire après la détermination de l'état initial et de l'état final ; *au lieu de* $\approx n$, *lire* $\approx \alpha n$.

Page 26, formule, *au lieu de* $\frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_3}}$, *lire* $\frac{1}{\sqrt{2\pi}\,\sigma_3}$.

(Séance du 18 août 1936.)

Note de M. *Vito Volterra*, Le principe de la moindre action en biologie :

Page 420, ligne 9, *au lieu de* $\sum_0^1{}_r \beta_r \log X'_r$, *lire* $\sum_0^n{}_r \beta_r X'_r \log X'_r$.

Note de MM. *Ny Tsi-Zé* et *Weng Wen-Po*, Sur le spectre d'absorption du potassium :

Page 431, ligne 21, *au lieu de* 3598 et 3471, *lire* 3589 et 3571.

(Séance du 7 septembre 1936.)

Note de M. *André Lwoff* et de Mme *Marguerite Lwoff*, Sur la nature du facteur V :

Pages 520, 521 et 522, *au lieu de* codéhydrase et codéhydrasique, *lire* codéhydrogénase et codéhydrogénasique.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 5 OCTOBRE 1936.

PRÉSIDENCE DE M. JEAN PERRIN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Production expérimentale de la panachure chez le Radis en atmosphère confinée et enrichie en oxygène.* Note de M. **Marin Molliard**.

J'ai montré (¹) que le poids de la substance élaborée par le Radis varie en sens inverse de la teneur en oxygène de l'atmosphère, du moins quand on considère des valeurs supérieures à 5 pour 100; il existe d'autre part un parallélisme très net entre l'importance de la récolte et l'abondance de la chlorophylle. Dans les expériences qui ont fourni ces résultats les plantes se développaient dans une atmosphère constamment renouvelée et chargée de 1 pour 100 de gaz carbonique, de manière à assurer d'une manière continue le phénomène de l'assimilation chlorophyllienne à la lumière; seule variait d'une série de cultures à l'autre la proportion d'oxygène; l'importance de la récolte se trouvait traduire simplement celle de la décomposition du gaz carbonique qui était elle-même fonction directe de la quantité de chlorophylle présente dans les feuilles.

Dans une autre série de cultures j'ai recherché quel était l'effet de la teneur de l'atmosphère en oxygène sur le comportement du Radis maintenu à l'intérieur de vases scellés à la lampe, en présence, pour seule source de carbone, de saccharose. Les cultures, exposées comme les précédentes aux alternatives de jour et de nuit, présentaient une assimilation chlorophyllienne réduite au gaz carbonique produit par le phénomène respiratoire.

(¹) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 8.

Les vases employés pour ces cultures en atmosphère confinée présentaient une capacité de 700^{cm^3} et comportaient : 1° un col axial qui était fermé après avoir servi à effectuer aseptiquement le semis sur un milieu minéral gélosé et sucré (10 pour 100 de saccharose); 2° deux tubulures latérales disposées en chicane par lesquelles on introduisait une atmosphère constituée par de l'azote pur, mélangé à 0, 1, 5, 10, 20, 30 et 40 pour 100 d'oxygène; ces tubulures étaient fermées à leur tour à la lampe; on réalisait ainsi 7 séries correspondant à des teneurs très différentes en oxygène, chacune de ces séries comprenant 10 cultures semblables. Les 7 séries ont évolué de façon très variable, mais les 10 cultures de chacune d'elles se sont montrées parfaitement identiques.

Si l'on envisage les plantes un mois après le semis on constate que celles qui ont été ensemencées dans de l'azote pur du commerce, ne contenant que des traces d'oxygène, n'ont été l'objet d'aucun développement appréciable; seuls les cotylédons se sont étalés, restant blancs assez longtemps, puis acquérant une légère coloration verte à laquelle s'alliait une teinte rouge correspondant à la production d'anthocyane. Le développement est plus net, quoique encore réduit, avec 1 pour 100 d'oxygène; les feuilles définitives ne prennent qu'une faible taille et acquièrent une coloration d'un rouge vif; avec 5 pour 100 d'oxygène, la plante prend un aspect normal; ses feuilles ont leur forme ordinaire et leur limbe est bien vert. Le développement s'accroît avec 10 pour 100, puis avec 20 pour 100 et 30 pour 100 d'oxygène; mais déjà pour cette dernière teneur la teinte des feuilles est d'un vert moins franc que dans les séries précédentes et tirant sur le jaune.

A ce moment les cultures présentent, dans les 7 séries envisagées, les poids suivants de substance sèche (les amandes ensemencées ayant un poids de substance sèche représenté par 9^{mg})

$$9,\quad 23,\quad 28,\quad 56,\quad 58,\quad 62\quad \text{et}\quad 70^{mg}.$$

La récolte augmente régulièrement avec la teneur en oxygène au lieu de présenter un maximum correspondant à 5 pour 100 d'oxygène comme c'était le cas lorsque le gaz carbonique constituait pour la plante la seule source de carbone.

D'autre part, en présence de 40 pour 100 d'oxygène, les plantes présentent un aspect très particulier dû à une atténuation ou à la disparition totale de la chlorophylle; le limbe des feuilles a une teinte jaune d'or rappelant tout à fait celle que possèdent les feuilles panachées dites *dorées*, caractérisant certaines variétés horticoles (*variegata*), celles de *l'Acer*

Negundo, du *Sambucus Ebulus*, du *Ligustrum vulgare* par exemple; comme pour ces dernières plantes le limbe du Radis ainsi transformé ne contient plus, vu à l'œil nu, trace de chlorophylle ou bien celle-ci se trouve réduite à une zone très étroite longeant les grosses nervures.

Plusieurs échantillons de cette série, et c'étaient les seuls pour l'ensemble des cultures, présentaient ultérieurement une tubérisation marquée de leur axe hypocotylé à laquelle correspondait localement une production d'anthocyane rendue plus apparente par la chlorose des feuilles; ces dernières possèdent d'autre part un limbe plus large et moins divisé que dans les séries correspondant à une teneur en oxygène comprise entre 5 et 30 pour 100; elles présentent de plus sur leur pourtour une bordure qui peut se réduire à un fin liseré rouge continu; ce liseré à son tour peut dans certains individus se localiser à l'extrémité des dents où seul le tissu aquifère apparaît coloré. La formation de l'anthocyane est ici en rapport étroit avec l'absorption du sucre, comme je l'ai montré à diverses reprises, et comme le prouvent les échantillons qui se sont développés, dans l'air normal, sur un milieu relativement riche en saccharose (15 pour 100); on obtient en effet dans ce cas des plantes rappellant les variétés *pourpres* de certaines espèces (hêtre, betterave, *Prunus Pissardi*, etc.); la totalité de leur limbe foliaire présente une abondante production d'anthocyane masquant entièrement la teinte de la chlorophylle.

Les Radis subissant la panachure dorée offrent un limbe particulièrement épais, sur la structure anatomique duquel je compte revenir, et qui correspond, ainsi que la tubérisation, à une accumulation notable du sucre; il est intéressant de remarquer que cette accumulation plus intense du sucre se produit alors que le pigment chrorophyllien est très réduit ou a complètement disparu.

Les plantes envisagées dans nos cultures se maintiennent assez longtemps dans les diverses séries, et leurs caractères différentiels ne font que s'accentuer dans les mois qui suivent; mais si les plantes sont chlorophylliennes la teneur en oxygène ne se modifie pas sensiblement d'une journée à l'autre; si au contraire le pigment vert s'atténue ou disparaît, le gaz carbonique n'est plus au bout d'un certain temps réduit en totalité à la lumière et il s'accumule peu à peu jusqu'à atteindre une concentration qui annihile le développement; à ce moment les feuilles prennent une coloration jaune très vive due à la seule présence de la xanthophylle et cessent de vivre; naturellement les plantes à feuillage panaché réalisent ce stade plus rapi-

dement que celles qui restent chlorophylliennes et présentent une réduction sensible dans la durée de leur développement.

Donc à la dose de 40 pour 100 l'oxygène empêche la chlorophylle de se développer normalement et nous retrouvons en atmosphère confinée une action analogue à celle que nos expériences en atmosphère renouvelée nous avaient révélée; nous avons ainsi la possibilité de réaliser une panachure identique à la panachure horticole, qui elle est attribuée à l'action d'un virus filtrant, et d'étudier, en dehors de l'intervention du pigment chlorophyllien, le rôle que joue la lumière, dont la plante considérée ne saurait se passer sans mourir, dans l'élaboration des diverses substances organiques aux dépens du sucre.

MINÉRALOGIE. — *Sur l'interprétation des radiogrammes de poudres de cristaux exécutés d'après les phyllites argileuses.* Note de M. **Jacques de Lapparent**.

M. Ch. Mauguin a, le premier, montré que les silicates phylliteux sont caractérisés par l'épaisseur de leur feuillet élémentaire, égale à 10 Å environ pour les micas, à 14 Å environ pour les chlorites (1). M. Hendricks a, de son côté, déterminé l'épaisseur du feuillet élémentaire de la kaolinite, égale à 7 Å environ (2).

D'autre part MM. C. J. Ksanda et Tom. F. W. Barth, étudiant, par le procédé du cristal tournant, un cristal de kaolinite de la variété dickite, ont mis en évidence, sur les radiogrammes, la présence de taches correspondant aux plans réticulaires de définition générale (001), et représentant l'épaisseur du feuillet élémentaire et les harmoniques de celle-ci; soit 7,12; 3,55; 2,37, etc. (3).

Si, ayant expérimenté sur des kaolinites par la méthode des poudres (procédé Debye), on analyse les radiogrammes obtenus, on voit que des lignes telles que 7,2 et 3,55 s'y retrouvent constamment, représentant l'épaisseur du feuillet élémentaire et son harmonique 2. De plus, immédiatement en deçà et au delà de 3,55, on voit, sur les mêmes radiogrammes,

(1) *Bull. Soc. fr. de Minéralogie*, 51, 1928, p. 285, et 53, 1930, p. 279.
(2) *Zeit. f. Krist.*, 71, 1929, p. 269.
(3) *Journal Min. Soc. of America*, 20, 1935, p. 631.

une ligne à la position de 4,3 à 4,4 et une ligne très voisine de 2,5, qui l'une et l'autre se retrouvent, avec des intensités toujours fortes, sur tous les radiogrammes de silicates phylliteux. Sans discuter ici de leur interprétation exacte, on peut admettre qu'elles sont représentatives, à un certain degré, de la forme et des dimensions de l'hexagone déterminé par les faces (110) et (010) des cristaux de ces substances.

Si l'on expérimente alors sur des poudres de silicates phylliteux, tels que des micas et des argiles du type attapulgite, on trouvera sur les radiogrammes, outre les lignes de l'hexagone que nous venons de citer, la ligne marquant l'épaisseur du feuillet élémentaire, proche de 10 Å pour les micas et les attapulgites. Quant à la ligne à 3,55 Å de la kaolinite, elle est remplacée par une ligne à 3,33 Å dans les micas et par une ligne à 3,25 Å dans les attapulgites. En admettant pour chacune de ces lignes la même définition que celle que l'on a adoptée pour la ligne à 3,55 de la kaolinite, à savoir de représenter une harmonique de l'épaisseur du feuillet élémentaire, on devrait conclure qu'elles représentent, l'une et l'autre, non l'harmonique 2 mais bien l'harmonique 3, avec une grande rigueur dans le cas des micas, avec une rigueur moins grande dans le cas des attapulgites. Une différence se manifesterait donc entre le cas des kaolinites et celui des micas et attapulgites, et qui ne s'explique pas.

On ne peut manquer de remarquer alors que 3,55, 3,33, 3,25 ne sont pas des chiffres bien différents l'un de l'autre, et il vient tout naturellement à l'esprit l'idée de rechercher si ces chiffres voisins ne répondraient pas d'un fait de structure commun aux phyllites à 7 et à 10 Å. Nous référant donc aux structures imaginées par M. Linus Pauling pour les kaolinites d'une part et les micas d'autre part ([1]), nous remarquons que les kaolinites, parallèlement à la direction de leur feuillet élémentaire, comportent deux plans structuraux denses de cathions lourds, tandis que les micas et attapulgites, dans la même direction, en comportent trois. Nous faisons alors l'hypothèse de l'action spécifique de ces plans structuraux sur le faisceau de rayons X qui les rencontre, et auxquels doit s'appliquer la formule : $n\lambda = 2d\sin\theta$ pour $n = 1$. Les chiffres tels que 3,55, 3,33, 3,25 ne seront plus à considérer comme des harmoniques de l'épaisseur du feuillet élémentaire de chacune des phylittes en question, mais comme l'expression même de la distance des plans structuraux indiqués.

Si, dans le cas de la kaolinite pure et des micas, il y a coïncidence entre

---

([1]) *Proceed. of the Nat. Ac. of Sc. Washington*, **16**, 1930, p. 123 et 578.

la valeur des harmoniques et celle de la distance entre les plans structuraux envisagés dans le même feuillet, cette coïncidence n'est pas réalisée exactement dans le cas des attapulgites. Effectivement l'épaisseur du feuillet élémentaire, telle qu'elle ressort des radiogrammes de l'attapulgite, est de 10,2 Å, tandis que sa valeur, si l'on considérait la ligne à 3,25 comme son harmonique 3, devrait être de 9,75 Å; la différence entre l'une et l'autre valeur n'étant pas de celles qu'expliqueraient les erreurs d'expériences. Des différences du même ordre se produisent aussi dans le cas de substances kaoliniques, sous leur faciès halloysite, où l'on peut observer des lignes à 7,45 et à 3,51 Å dans le même radiogramme.

Ces différences, inhérentes aux terres argileuses, nous paraissent dues à ce que la présence de l'eau apporte un trouble dans la constance de l'épaisseur du feuillet élémentaire : celui-ci augmente plus ou moins d'épaisseur, et ce que fournit le radiogramme n'est qu'une période moyenne qui n'est pas nécessairement un multiple des espacements des plans structuraux considérés.

Des mélanges existent, réalisés par la kaolinite-halloysite et l'attapulgite, et de telle façon qu'il y ait groupement épitaxique des feuillets élémentaires de kaolinite et d'attapulgite. Ainsi en est-il de certaines argiles sédimentaires bien connues des géologues et qu'on exploite comme terre à foulon aux abords mêmes de Paris (Ivry). La masse de ces argiles est magnésienne et l'on peut calculer, à partir de l'analyse chimique, qu'elle est formée de 80 de kaolinite et de 20 d'attapulgite environ, résultats contrôlés d'ailleurs par l'étude thermique et par diverses expérimentations. Le radiogramme d'une telle argile est typiquement un radiogramme de kaolinite, mais où la ligne qui devrait être à 3,55 est portée à la valeur 3,34. Cependant, aucune ligne n'apparaît témoignant d'un interespace de 10 Å, tandis que se montre, avec une intensité relativement faible, une ligne à 7 Å. On en conclut que l'organisation de l'épitaxie des deux espèces, kaolinite et attapulgite, est telle que des feuillets d'attapulgite sont en quelque sorte encartés parmi les feuillets de la kaolinite qui, seule, est assez continue dans l'édifice cristallin pour fournir une ligne garante de la période à 7 Å. L'ensemble des feuillets contigus de kaolinite et d'attapulgite agit par les plans structuraux de chacune des espèces pour fournir une moyenne des interespaces de 3,55 et de 3,25. S'il s'agit, comme le cas s'en présente parfois, d'un mélange où l'attapulgite domine (Terre de Lagny, Seine-et-Marne), on voit encore une ligne moyenne à 3,30 ou 3,28, mais la ligne à 7 Å a disparu et une ligne à 10 Å la remplace. Dans certains

mélanges l'encartage des feuillets est tel que aucune période, soit à 7, soit à 10 Å, n'est révélée par le radiogramme, mais il subsiste toujours la ligne proche de 3 Å, garante de la distance moyenne des plans structuraux considérés.

Pour que ces plans structuraux soient susceptibles d'agir comme nous l'avons supposé, il faut évidemment qu'il y ait équivalence du pouvoir diffusant de l'ensemble de leurs cathions et que les anions avoisinants ou toute autre particule diffusante n'introduisent aucun touble ou qu'ils n'aient que des actions compensatrices. Nous ne savons d'ailleurs quelle réalité il faut attribuer aux structures que nous avons prises pour base de notre discussion : elles sont ingénieuses mais il ne s'agit peut-être que d'une écriture géométrique que le bon sens actuel nous conduit à adopter comme expression de la vérité. Quoi qu'il en soit, et quelle que soit l'idée que l'on se fasse des plans structuraux envisagés dans le feuillet élémentaire des silicates phylliteux, il est important, croyons-nous, que soit établie, par les radiogrammes de poudres, la probabilité de l'existence de trois de ces plans dans une phyllite à 10 Å et de deux dans une phyllite à 7 Å.

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de l'Éducation nationale** invite l'Académie à désigner un de ses Membres qui fera partie de la deuxième Commission (sciences humaines, y compris l'atlas de France) du Comité des subventions pour publications savantes de la *Caisse nationale de la recherche scientifique*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Royaume de Belgique. Ministère des Colonies. *Carte géologique du Congo Belge* à l'échelle du 500000ᵉ. Feuilles 5, 6, 22 et 23, 44, 45, 65.

2° René Bourret. *Les Serpents de l'Indochine*. Tome I *Études sur la Faune*. Tome II *Catalogue systématique descriptif*.

ALGÈBRE. — *Sur les matrices singulières.* Note de M. **Ottokar Borůvka**, présentée par M. Élie Cartan.

1. Nous considérons des matrices carrées dont les éléments sont des nombres dans un corps donné K. Si X désigne une matrice d'ordre n, la $j^{\text{ième}}$ matrice associée (compound) à X, qui est, on le sait, formée des différents mineurs d'ordre $(1 \leqq) j (\leqq n)$ de la matrice X, sera désignée par ${}_j\mathrm{X}$. Pour deux matrices X, Y du même ordre on a la relation bien connue suivante

$$(1) \qquad {}_j(\mathrm{XY}) = {}_j\mathrm{X} . {}_j\mathrm{Y}.$$

2. Considérons une matrice X d'ordre n. Il résulte de la formule (1) que les rangs des différentes matrices de la suite X, X^2, X^3, ... forment une suite non croissante. Il existe par conséquent, dans cette suite, une matrice X^α telle que toutes les matrices X^α, $\mathrm{X}^{\alpha+1}$, ... ont le même rang j, tandis que celles qui précèdent X^α, s'il y en a, sont de rangs supérieurs à j. Nous disons que la matrice X est de genre $n-j$ et nous appelons le nombre α l'*indice* de la matrice X. Avec ces définitions une matrice régulière est de genre 0 et son indice est 1 ; une matrice d'ordre n qui est nulle ou nilpotente [1] est de genre n.

3. En appliquant la formule (1) on démontre le lemme suivant :

Lemme. — *Pour qu'une matrice* X *d'ordre* n *soit de genre* $n-j$ $(0 \leqq j \leqq n)$, *il faut et il suffit que la matrice* ${}_{j+1}\mathrm{X}$ *soit nulle ou nilpotente* $(0 \leqq j \leqq n-1)$ *et la matrice* ${}_j\mathrm{X}$ *ne jouisse d'aucune de ces particularités.*

Le théorème suivant est fondamental :

Théorème I. — *Pour qu'une matrice* X *d'ordre* n *soit de genre* $n-j$ $(0 \leqq j \leqq n)$, *il faut et il suffit que précisément* $n-j$ *racines de son équation caractéristique soient nulles.*

Supposons, en effet, que la matrice X d'ordre n soit de genre $n-j$ $(0 \leqq j \leqq n)$. Désignons par $x_1, \ldots, x_n$ les racines de son équation caractéristique. D'après un théorème bien connu, les racines de l'équation caractéristique de la matrice ${}_{j+1}\mathrm{X}$ $(0 \leqq j \leqq n-1)$ sont les produits $x_{i_1} x_{i_2} \ldots x_{i_{j+1}}$, formés des différentes combinaisons des x $j+1$ à $j+1$. La matrice ${}_{j+1}\mathrm{X}$

[1] Une matrice X, non nulle, s'appelle *nilpotente* si $\mathrm{X}^m = 0$ pour un nombre naturel m convenable.

étant nulle ou nilpotente, d'après le lemme, tous les produits en question sont égaux à zéro. Par conséquent, parmi les racines x, il y en a $n-j$ au moins qui sont nulles. S'il y en a $n-j+1$ qui sont nulles, tous les produits analogues aux précédents, $x_{i_1}x_{i_2}\ldots x_{i_j}$ s'annulent. Il en résulte que la matrice ${}_jX$ est nulle ou nilpotente, ce qui est contraire au lemme. La seconde partie du théorème se démontre par des raisonnements analogues aux précédents.

Pour toute matrice d'ordre n et de genre $n-j$, on démontre que le rang de la matrice X est inférieur d'une unité au moins au rang r de la matrice X, lorsque $r>j$. Il en résulte une borne supérieure suivante pour l'indice α de la matrice X : $\alpha \leqq 2^{n-j+1}$.

4. Nous désignons par $\Psi(x)(=x^m+a_1x^{m-1}+\ldots)$ le polynome fondamental d'une matrice X d'ordre n. Ce polynome est, on le sait, le polynome dans K d'ordre minimum tel que $\Psi(X)=0$. Tous les polynomes dont il est question dans la suite sont supposés être dans K. Toute racine x_i d'un diviseur irréductible $d(x)$ du polynome $\Psi(x)$ est une racine de l'équation caractéristique de la matrice X et elle figure dans cette équation avec une certaine multiplicité m_i. Pour la commodité du langage nous appelons *multiplicité* du polynome $d(x)$ le nombre Σm_i, où la sommation correspond aux différentes racines du polynome $d(x)$.

Nous désignons par $x_1, \ldots, x_n$ les racines de l'équation caractéristique de la matrice X. Pour tout polynome $Q(x)$ les racines de l'équation caractéristique de la matrice $Q(X)$ sont les valeurs

$$Q(x_1), \quad \ldots, \quad Q(x_n). \tag{2}$$

Par conséquent, d'après le théorème I, le genre de la matrice $Q(x)$ est égal au nombre de zéros figurant parmi ces valeurs.

Théorème II. — *Pour que le polynome fondamental d'une matrice* X *soit réductible dans* K, *il faut et il suffit qu'il existe dans* K *des polynomes en* X, *non nuls, de genre* $\geqq 1$.

Supposons, en effet, que, le polynome $\Psi(x)$ soit réductible dans K de sorte qu'il contienne un facteur $d(x)$ irréductible dans K. Comme toute racine du polynome $\Psi(x)$ figure parmi les nombres $x_1, \ldots, x_n$, au moins une des valeurs (2), où l'on écrit d au lieu de Q, est nulle. Par conséquent le polynome $d(X)$ est de genre $\geqq 1$ et il n'est pas nul, car $d(x)$ est de degré inférieur à celui de $\Psi(x)$. Supposons, en second lieu, qu'il existe dans K un polynome $Q(X)$ non nul et de genre $\geqq 1$. $Q(X)$ n'étant pas nul, on peut supposer que le polynome $Q(x)$ est de degré inférieur à celui de $\Psi(x)$.

L'hypothèse concernant le genre de $Q(X)$ entraîne que, parmi les valeurs (2), il en figure une ou plusieurs nulles. Si $Q(x)$ n'est pas irréductible dans K, il contient un facteur irréductible qui s'annule pour au moins une des racines $x_1, \ldots, x_n$. Il existe par conséquent un polynome $d(x)$ irréductible dans K, dont le degré est inférieur à celui de $\Psi(x)$, et qui s'annule pour au moins une des racines $x_1, \ldots, x_n$. Or, toute racine en question est une racine du polynome fondamental $\Psi(x)$; par conséquent $\Psi(x)$ contient $d(x)$ comme facteur.

Nous énonçons enfin, sans démonstration, le théorème suivant :

Théorème III. — *Soit* $Q(x)$ *un polynome dans* K *tel que le genre g du polynome* $Q(X)$ *soit* ≥ 1. *Il existe alors des diviseurs irréductibles* $d_1, d_2, \ldots, d_s$ *du polynome* $\Psi(x)$ *qui sont diviseurs du polynome* $Q(x)$:

$$Q = q.d_1^{k_1} d_2^{k_2} \ldots d_s^{k_s};$$

dans cette formule les k désignent des nombres naturels convenables et q un polynome ne s'annulant pour aucune des racines du polynome $\Psi(x)$. *Le genre g est la somme des multiplicités des différents diviseurs* d_i.

5. Les résultats précédents sont à la base de nombreuses considérations concernant les rangs des grandeurs d'une algèbre abstraite associative quelconque.

ANALYSE MATHÉMATIQUE — *Sur une transformation de la série de Liouville-Neumann*. Note (1) de M. **Alexandre Ostrowski.**

1. Pour la résolution de l'équation intégrale

$$\varphi(x) - \int K(x, y)\, \varphi(y)\, dy = f(x),$$

on utilise la formule

$$\varphi(x) = f(x) + \int K^*(x, y) f(y)\, dy,$$

où le noyau résolvant K^* est donné par le développement de Liouville-Neumann

$$(1)\quad \begin{cases} 1 + K^*(x, y) = \sum_{\nu=0}^{\infty} K_\nu(x, y), \\ K_0 = 1, \quad K_1 = K, \quad \ldots, \quad K_\nu(x, y) = \int K(x, t)\, K_{\nu-1}(t, y)\, dt, \quad \ldots \end{cases}$$

(1) Séance du 18 août 1936.

si ce développement est convergeant, ce qui est toujours le cas pour les équations de M. Volterra. Or, même dans le cas de convergence, la convergence de la série (1) est en général trop faible pour le calcul pratique; elle est seulement *linéaire*, c'est-à-dire que le nombre des chiffres exacts est proportionnel au nombre des intégrations effectuées.

2. Nous nous proposons ici de transformer la série (1) de manière à rendre la convergence *quadratique* c'est-à-dire telle que le nombre de chiffres exacts est doublé à chaque étape du calcul. Notre solution est applicable au cas général d'une équation fonctionnelle de type

$$\varphi(x) - \Phi\varphi(x) = f(x), \tag{2}$$

où Φ est une opération linéaire, si la série symbolique

$$(1 + \Phi + \Phi^2 + \ldots + \Phi^\nu + \ldots) f(x) \tag{3}$$

converge. Cette solution peut être interprétée comme une application du développement d'Euler :

$$1 + \Phi + \Phi^2 + \ldots = (1 + \Phi)(1 + \Phi^2)(1 + \Phi^4)\ldots.$$

En effet, posons

$$\sigma_n = 1 + \Phi + \ldots + \Phi^{2^n - 1} = \frac{1 - \Phi^{2^n}}{1 - \Phi}. \tag{4}$$

Il suffit évidemment de calculer la suite

$$\sigma_1 f, \quad \sigma_2 f, \quad \ldots, \quad \sigma_n f, \quad \ldots. \tag{5}$$

Or on a

$$\sigma_{n+1} = (1 + \Phi^{2^n})\sigma_n. \tag{6}$$

Il suffit donc pour le calcul des σ_ν de calculer successivement

$$\Phi^2, \quad \Phi^4, \quad \Phi^8, \quad \ldots. \tag{7}$$

On peut aussi utiliser la relation récurrente suivante, dont l'emploi présente parfois quelques avantages :

$$\sigma_{n+1} = 2\sigma_n - (1 - \Phi)\sigma_n^2 = \sigma_n[2 - (1 - \Phi)\sigma_n]. \tag{8}$$

3. Dans le cas particulier de la série (1) on obtient les procédés récurrents suivants :

Posons

$$\sum_{\nu=0}^{2^n - 1} K_\nu(x, y) = S_n(x, y), \qquad K_{2^n}(x, y) = k_n(x, y). \tag{9}$$

Alors on a

$$(10)\quad \begin{cases} S_1(x, y) = 1 + K(x, y), \\ S_{n+1}(x, y) = S_n(x, y) + \int S_n(x, t) k_n(t, y)\, dt \qquad (n = 1, 2, \ldots), \end{cases}$$

$$(11)\quad k_0(x, y) = K(x, y), \quad \ldots, \quad k_{n+1} = \int k_n(x, t) k_n(t, y)\, dt, \quad \ldots \quad (n = 1, 2, \ldots).$$

Ce procédé correspond à (6). En appliquant (8) on obtient pour $n = 1, 2, \ldots$

$$(12)\qquad S_1(x, y) = 1 + K(x, y), \qquad S_{n+1}(x, y) = \int S_n(x, t) T_n(t, y)\, dt$$

ou

$$(13)\qquad T_n(x, y) = 2 - S_n(x, y) + \int K(x, t) S_n(t, y)\, dt.$$

En appliquant un de nos procédés au calcul de S_n on n'a à effectuer que $2(n-1)$ intégrations tandis que le procédé usuel exige $2^{n-1} - 1$ intégrations.

4. Les principes qui nous ont conduit aux solutions de notre problème exposées plus haut permettent de trouver un procédé de convergence quadratique pour les solutions réelles de l'équation différentielle $y^{(n)} = f(y^{(n-1)}, \ldots, y', x)$ aux valeurs initiales de $y^{(\nu)}$, $\nu = 0, 1, \ldots, n-1$, données en un point x_0. Ce procédé présente aussi l'avantage que son champ de convergence s'étend automatiquement de manière à embrasser toutes les valeurs de x auxquelles on peut parvenir, en partant de x_0 sans rencontrer des points singuliers.

D'autre part ce procédé est nécessairement plus compliqué que celui des approximations successives dû à M. Picard. D'ailleurs il n'est applicable que dans le cas où les dérivées partielles $f'_{y^{(\nu)}}$, $\nu = 0, 1, \ldots, n-1$, restent continues.

Pour $n = 1$ on obtient un procédé qui s'adapte particulièrement bien au calcul numérique.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur certains systèmes d'équations aux dérivées partielles à caractéristiques imaginaires multiples.* Note de M. **Maurice Gevrey.**

1. $P(x_1, \ldots, x_m)$ étant un point d'une région $\mathcal{R}$ de l'espace à m dimensions, soit $\mathcal{D}_P^p$ l'opération $\Sigma_{ij} a_{ij}(P) \partial^2/\partial x_i \partial x_j$ (avec $i, j = 1, \ldots, m$ et

$a_{ij} = a_{ji}$) effectuée p fois en P, en traitant les a_{ij} comme des constantes. Formons n symboles analogues $\mathcal{D}_P^{p_k}$ avec des coefficients $a_{ij}(P)[k = 1, \ldots, n]$, chaque forme $\Sigma_{ij} a_{ij}^k X_i X_j$ étant définie positive et de discriminant *un*. Nous envisageons le système d'équations linéaires aux dérivées partielles à n fonctions inconnues $u_1, \ldots, u_n$, dans lequel l'équation de rang k est

$$(1) \qquad \mathcal{D}_P^{p_k} u_k + \Phi^k(u_1, \ldots, u_n) = f_P^k,$$

Φ^k désignant une fonction linéaire et homogène (à coefficients fonctions de P) des u_h et de leurs dérivées d'ordre $< p_k + p_h$ ($h = 1, \ldots, n$).

Nous allons former un système de solutions dans un domaine D de $\mathcal{R}$, connaissant, sur la frontière S de D, les valeurs *des* u_k *et de leurs dérivées jusqu'à l'ordre* $p_k - 1$. Il suffit pour cela de se donner sur S les valeurs *des* u_k *et de leurs dérivées conormales* $\partial^l u_k / \partial N^l$, l variant de 1 à $p_k - 1$, en y ajoutant l'hypothèse suivante : si nous prenons comme plan des $x_2, \ldots, x_m$ le plan tangent en un point O de S choisi comme origine (*axes locaux*), la cote z d'un point de S par rapport à T et les $\partial^l u_k / \partial N^l$ sont, dans le voisinage de O, des fonctions de $x_2, \ldots, x_m$ continues ainsi que leurs dérivées jusqu'aux ordres respectifs p_k et $p_k - l - 1$, et cela quel que soit O sur S.

Ce problème généralise celui de Dirichlet pour les systèmes du second ordre que nous avons étudiés dans un récent Mémoire consacré à l'emploi des *quasi-fonctions de Green* (¹) : nous y renvoyons le lecteur.

2. Soit d'abord une seule équation $\mathcal{F} u = f$ (²), les indices k étant supprimés. Nous supposerons les coefficients höldériens d'exposant β dans D + S, mais la continuité suffit, sauf pour les a_{ij}, en remplaçant la $p^{\text{ième}}$ opération $\mathcal{D}$ par le symbole généralisé $\mathcal{E}$ défini au n° 4 de notre Mémoire. Utilisons les notations s, σ, ϑ, ϑ_2 de la page 74 et rappelons que s, σ, ϑ valent respectivement $O(d)$, $O(\delta)$, $O(r)$ (d et δ distances des points P et Π à S, $r = P\Pi$) : nous prendrons comme *quasi-fonction de Green*, s'annulant avec ses dérivées d'ordre $< p$ quand P ou Π sont sur S,

$$V_P^\Pi = \vartheta^{p-\frac{m}{2}} - \vartheta_2^{p-\frac{m}{2}} \varpi_{p-1} \qquad \text{pour } m > 2p \text{ ou impair,}$$

$$V_P^\Pi = \vartheta^{p-\frac{m}{2}} (-\mathcal{L}\vartheta + \mathcal{L}\vartheta_2 + \varpi'_{p-1}) \qquad \text{pour } m \leqq 2p \text{ et pair,}$$

ϖ_{p-1} et ϖ'_{p-1} étant les développements de $(1-y)^{p-\frac{m}{2}}$ et $\mathcal{L}(1-y)$ jusqu'à

(¹) *Annales École Normale*, 52, 1935, p. 39.

(²) Quand celle-ci admet une adjointe, voir nos Notes des *Comptes rendus*, 173, 1921, p. 761 et 1445.

l'ordre $p-1$, et $y = 4s\sigma\vartheta_2^{-1}$. Remplaçons u par $q\int_D V_P^\Pi \varphi_\Pi \, d\omega_\Pi + \chi$, q étant un coefficient numérique convenablement choisi et χ une fonction satisfaisant aux mêmes conditions aux limites que u et que nous calculerons plus loin : nous obtenons, pour déterminer φ, l'équation de Fredholm

$$(2) \qquad \varphi_P - \lambda \int_D q \mathcal{F}_P V_P^\Pi \varphi_\Pi \, d\omega_\Pi = \mathcal{F}_P \chi - f_P \quad \text{avec} \quad \lambda = 1.$$

On montre que $\mathcal{F}_P V_P^\Pi = \sigma^p s^{-p} O(r^{\beta-m})$ en remarquant d'abord que, Δ étant le laplacien, $\Delta^p V = 0$ pour S plane, $\sigma = \delta$, $s = d$; puis on utilise les axes *locaux* pour S quelconque, et ensuite la substitution linéaire qui transforme $\mathcal{O}$ en Δ en un point donné. En posant $\varphi = s^{-p}\varphi^*$, (2) devient une équation en φ^* où le noyau vaut $O(r^{\beta-m})$, cas classique de résolution si $|s^p \mathcal{F}\chi|$ est intégrable au voisinage de S : la condition $\mathcal{F}\chi = O(d^{\beta-p-1})$ suffira pour cela.

Si les dérivées $p^{\text{ièmes}}$ de z et $(p-1)^{\text{ièmes}}$ de u sont höldériennes sur S, on pourra se donner u et ses dérivées *normales* d'ordre $< p$ et former χ par les méthodes de notre Mémoire (n° 6, III). Mais *dans le cas général* où les dérivées en question sont simplement *continues*, il faudra supposer les a_{ij} dérivables jusqu'à l'ordre $p-1$ *sur* S *seulement* et former χ à l'aide des fonctions $\mathfrak{S}$. On posera par exemple, $\mathfrak{S}$ étant relatif aux deux points P et M,

$$\mathcal{J}_\mu(P;\, u) = \pi^{\frac{1-m}{2}} \Gamma\left(\frac{\mu}{2}\right)^{-1} \Gamma\left(\frac{m-1+\mu}{2}\right) \int_S \mathfrak{S}^{\frac{1-m-\mu}{2}} u_M \, dS_M,$$

$$v_l = v_{l-1} + \frac{\mathcal{J}_1(P;\, 1)^{l+1-2p}}{l!} \mathcal{J}_{2p-l-1}\left[P;\, \frac{\partial^l (u - v_{l-1})}{\partial N^l} \left(\frac{\partial s}{\partial N}\right)^{2-2p}\right]$$

avec $v_0 = \mathcal{J}_1(P;\, 1)^{1-2p} \mathcal{J}_{2p-1}[P;\, u(\partial s/\partial N)^{2-2p}]$, l variant de 1 à $p-1$, et l'on prendra $\chi = v_{p-1}$.

3. La méthode s'étend immédiatement au système (1) : à l'équation de rang k correspond une quasi-fonction de Green V^k, et u_k s'exprime comme ci-dessus au moyen de V^k et d'une fonction φ_k. Les φ_k sont solutions d'un système d'équations de Fredholm se ramenant, comme nous l'avons expliqué au n° 9 de notre Mémoire, *à une seule équation*, analogue à (2), dans un domaine ΣD_k constitué par n domaines D_k identiques à D, la détermination de φ dans D_k étant φ_k. En posant $\varphi_k = s_k^{-p_k}\varphi_k^*$, on est ramené à une équation en φ^* dont le noyau admet n^2 déterminations valant au plus $O(r^{\beta-m})$ et qui se résout sans peine dans ΣD_k, si $\lambda = 1$ n'est pas valeur singulière.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Sur la suspension symétrique la plus générale.* Note de M. **Pierre-Ernest Mercier**, présentée par M. Paul Langevin.

Soit une suspension supportant une masse M, comportant des roues identiques (4 pour fixer les idées) de masse m (laquelle comprend aussi la masse fictive traduisant l'inertie des portes-roues), munies de pneumatiques de dureté k_1. On peut définir le profil du sol par les cotes z_0^i $(i=1, 2, 3, 4)$ des points de contact des pneus, l'état élastique des pneus par les cotes z_1^i de points rigidement liés aux centres des roues (ou mieux par $\Delta z_1^i = z_1^i - z_0^i$), et enfin la position de la masse suspendue par les débattements (nuls au repos), Δz_2^i, des roues par rapport à un axe Oz lié à la masse M et confondu au repos avec la verticale du centre de gravité.

En supposant que les forces élastiques en jeu s'expriment linéairement en fonctions des déplacements, la suspension la plus générale sera celle pour laquelle l'écart de la réaction de la suspension sur la roue, par rapport à sa valeur de repos, ΔF^i, sera donnée par $\Delta F^i = -\sum_{r=1}^{4} A_{ir}\Delta z_2^r$.

Les conditions de symétrie conduisent à introduire les paramètres Δz_r, θ_r, ψ_r, Φ_r ($r=0$ pour le sol, $r=1$ pour les roues et $r=2$ pour la masse suspendue; avec $z_0 = \Delta z_0$) définis par

$$(1)\quad \begin{cases} 4\Delta z_r = \Delta z_r^1 + \Delta z_r^2 + \Delta z_r^3 + \Delta z_r^4, & 2V\theta_r = \Delta z_r^1 + \Delta z_r^2 - \Delta z_r^3 - \Delta z_r^4, \\ 2E\psi_r = \Delta z_r^1 - \Delta z_r^2 - \Delta z_r^3 + \Delta z_r^4, & 2V\Phi_r = \Delta z_r^1 - \Delta z_r^2 + \Delta z_r^3 - \Delta z_r^4, \end{cases}$$

où V est la voie du véhicule et E son empattement. En supposant que les roues 1, 2 et 3, 4 sont d'un même côté du véhicule, Δz_2 est à une constante près la distance du centre du quadrilatère des roues au centre de gravité de la masse suspendue, θ_2 son inclinaison latérale (angle confondu avec sa tangente), ψ_2 son inclinaison longitudinale et Φ^2 la demi-inclinaison relative des segments qui réunissent respectivement les centres des roues AV et AR. L'équation caractéristique de la suspension devient

$$(2)\quad -\Delta F^1 = F.4\,\Delta z_2 + R.2E\theta_2 + G.2E\psi_2 + H.2V\Phi_2,$$

les ΔF^2, ΔF^3, ΔF^4 sont identiques aux signes près.

F, G, H, R ont la signification physique qui résulte des équations

$$(3)\quad \frac{dP}{dz_2} = -4F, \qquad \frac{dL}{d\theta_2} = -4RV^2, \qquad \frac{d\mathfrak{M}}{d\psi^2} = -4GE^2, \qquad 2\frac{d\mathfrak{N}}{d\Phi_2} = -4HV^2,$$

où P est la résultante des efforts verticaux sur la masse suspendue, L le moment de roulis, $\mathfrak{M}$ le moment de galop et $\mathfrak{N}$ la rigidité de torsion entre les roues AV et AR. Posons

$$\xi = 4F, \quad \lambda = 4RV^2, \quad \mu = 4GE^2, \quad \nu = 4HV^2,$$
$$(4) \qquad z_3 = z_0 + \Delta z_1 + \Delta z_2, \quad \theta_3 = \theta_0 + \theta_1 = \theta_2, \quad \psi_3 = \psi_0 + \psi_1 + \psi_2.$$

Si l'on suppose que le châssis est indéformable on a de plus

$$\Phi_2 = \Phi_0 + \Phi_1 + \Phi_2 = 0,$$

z_0, θ_0, ψ_0, Φ_0 étant des fonctions données du temps (qui satisfont d'ailleurs à certaines conditions), nous avons en tout sept fonctions distinctes, reliées par sept équations indépendantes. Cela étant, les équations du mouvement de la roue 1 s'écrivent, en admettant θ, ψ, Φ, petits,

$$(5) \qquad \frac{d^2}{dz^2}\left[z_0 + \Delta z_1 + \frac{V}{2}(\theta_0 + \theta_1 + \Phi_0 + \Phi_1) + \frac{E}{2}(\psi_0 + \psi_1)\right]$$
$$= \frac{1}{m}\left\{\frac{1}{4}\xi\,\Delta z_2 + \frac{1}{8}\left(\frac{\lambda}{V}\theta_2 + \frac{\mu}{E}\psi_2 + \frac{\nu}{V}\Phi_2\right) - k_1\left[\Delta z_1 + \frac{V}{2}(\theta_1 + \Phi_1) + \frac{E}{2}\psi_1\right]\right\},$$

et trois autres analogues tandis que celles du mouvement de la masse suspendue M sont

$$(6) \qquad \frac{d^2 z_3}{dt^2} = -\frac{\xi}{M}\Delta z_2, \qquad \frac{d^2\theta_3}{dt^2} = -\frac{1}{r^2 M}\lambda\theta_2, \qquad \frac{d^2\psi_3}{dt^2} = -\frac{1}{\rho^2 M}\mu\psi_2,$$

r et ρ étant les rayons de giration correspondant aux axes de roulis et du galop, supposés voisins du centre de gravité.

Leur intégration peut s'effectuer d'une manière très élégante; elle fournit, pour le cas d'un sol plan, les équations en termes finis

$$(7) \qquad z_2 - \frac{\alpha_1^2 m}{k_1}\Delta z_2 = I_1\cos(\alpha_1 t + a_1), \qquad z_3 - \frac{\beta^2 m}{k_1}\Delta z_2 = J_1\cos(\beta_1 t + b_1),$$

où I_1, J_1 sont des constantes et α_1^2 et β_1^2 les racines de l'équation en S.

$$(8) \qquad \begin{vmatrix} \xi\left(\frac{1}{M} + \frac{1}{4m}\right) + \frac{k_1}{m} - S & \frac{\xi}{M} \\ -\frac{k_1}{m} & -S \end{vmatrix} = 0.$$

Les autres équations s'intègrent de la même façon; on trouve sept fréquences qui se séparent et s'interprètent intuitivement; elles sont toutes données par des équations en S, exceptée celle qui correspond au gauchis-

sement. L'intégration ne présente également pas de difficulté lorsque le profil du sol est une fonction exponentielle ou sinusoïdale, ou une somme de telles fonctions. En particulier, le passage sur un obstacle qui, débutant à l'origine des temps, atteint son maximum après une longueur donnée et décroît ensuite exponentiellement ($z_0 = Ate^{-\gamma t}$), peut se calculer avec la plus grande facilité.

La discussion générale des résultats montre que le passage d'un obstacle détermine l'excitation de sept vibrations, de pulsations α_1, α_2, α_3, α_4 et β_1, β_2, β_3, toutes perçues, à des degrés différents et calculables, par la masse suspendue; à ces oscillations se superposent, pendant le passage, des termes non-sinusoïdaux, qui traduisent la forme de l'obstacle avec une réduction d'amplitude et un déphasage déterminés. Pour *la masse suspendue*, les trois vibrations principales β_1, β_2, β_3 correspondent respectivement au mouvement vertical, au roulis et au galop; à celles-ci se superposent trois oscillations α_1, α_2, α_3 de couplage avec les roues; enfin, l'oscillation de gauchissement, α_4, n'a d'autre effet direct sur M que les efforts de torsion du châssis. Le *mouvement d'une roue* par rapport à la masse suspendue correspond à la superposition de sept oscillations α_1, α_2, α_3, α_4, β_1, β_2, β_3.

Le cas des suspensions classiques s'analyse aisément au moyen des résultats précédents : une suspension à essieux symétriques correspond au cas particulier $R = H$, $F = G$, une suspension symétrique à roues indépendantes au cas $F = G = H = R$.

OPTIQUE ATMOSPHÉRIQUE. — *Mesure photographique de l'agitation atmosphérique des images stellaires*. Note de M. **André Couder**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Si l'on reçoit l'image d'une étoile sur une plaque photographique animée d'un mouvement de translation uniforme dans son plan, on obtient une *traînée* noire qui est en général noueuse et sinueuse. Les *nodosités* résultent en partie de la variation de l'éclairement de l'objectif, qui est liée à la convergence variable acquise par les rayons lumineux en une région très éloignée du lieu d'observation; le noircissement dépend encore à chaque instant de la vitesse du déplacement de l'image sur la plaque, par conséquent des fluctuations angulaires du rayon moyen du faisceau. MM. Minnaert et Houtgast ont décrit cet aspect du phénomène, observé dans des condi-

tions où l'effet de la convergence des rayons (scintillation proprement dite) est prépondérant. Tout différemment, je me suis proposé de mesurer les *fluctuations angulaires du rayon moyen d'un faisceau étroit*, dans la direction perpendiculaire du mouvement de la plaque, par l'étude micrométrique des *sinuosités* des traînées, comme l'a fait M. Schlesinger pour les réfractions accidentelles à évolution lente.

En vue d'éliminer l'effet des vibrations de l'instrument, j'ai fait des observations différentielles en mesurant les déviations angulaires relatives, considérées à un instant donné, de plusieurs faisceaux séparés, issus d'une même étoile, formant sur la plaque des traînées voisines.

L'instrument employé est le télescope de 81^{cm} installé à Forcalquier; au foyer de la combinaison Cassegrain, $1''$ vaut $59^{\mu},2$. Les traînées obtenues en laissant le télescope au repos (vitesse pour une étoile zénithale 0,064 cm/sec) sont empâtées par l'existence de trajectoires bouclées; j'ai fait usage des rappels par moteurs électriques : vitesse 0,15 à 0,96 cm/sec. L'ouverture était couverte d'un écran opaque percé de 4 trous circulaires de 10^{cm} de diamètre, rangés suivant le diamètre du miroir perpendiculaire au mouvement de l'image; les abscisses relatives des centres des trous valaient 0, 17, 53 et 70^{cm}. Un système de 4 prismes parallélépipédiques en crown, longs et étroits, accolés, était placé à 14^{cm} en avant du foyer. Les longues arêtes des prismes étaient parallèles au mouvement de l'image; chacun d'eux recevait l'un des faisceaux et lui faisait subir une déviation latérale constante, de telle sorte que les 4 images d'une étoile étaient séparées l'une de l'autre par un intervalle de $0^{cm},06$ environ.

Les clichés sont placés sur une machine à mesurer, la direction des traînées à peu près parallèle à l'axe des abscisses. On compare les ordonnées a, b, c, d de points qui ont même abscisse. Ces ordonnées sont déterminées avec une erreur moyenne de $0'',031$. Posons $\alpha = b - a$, $\beta = c - a$, $\gamma = d - a$; formons les moyennes $\overline{\alpha}, \overline{\beta}, \overline{\gamma}$ de valeurs nombreuses relevées à des intervalles en abscisse successifs égaux, et enfin, les écarts individuels $\varepsilon_b = |\alpha - \overline{\alpha}|$, etc. Convertis en angles, ces écarts sont pris comme mesure de la fluctuation relative des deux faisceaux considérés, dans la direction perpendiculaire à celles des traînées.

En donnant successivement à celles-ci les deux directions rectangulaires des mouvements de l'équatorial, je n'ai pas remarqué entre elles une différence d'aspect appréciable; au même moment, l'image télescopique observée sans diaphragme offrait l'apparence d'une symétrie de révolution. En raison de la composante longitudinale de l'agitation, les points comparés ne sont pas rigoureusement contemporains, mais ce décalage n'atteint qu'une faible fraction de la période propre des vibrations instrumentales qu'il s'agit d'éliminer. L'aspect des ombres volantes, celui des quatre images observées à l'oculaire, enfin l'examen des traînées au microscope font penser que des faisceaux plus étroits auraient montré des fluctuations nettement supérieures à la résultante qui correspond à une ouverture de 10^{cm}, dont il est fait état ici.

Les clichés que j'ai pu obtenir du 3 au 11 juillet, dans des conditions météorologiques instables, près du zénith, se ressemblent tous qualitativement et les grandeurs

des fluctuations qu'on y relève sont peu différentes. Voici les conclusions principales que suggèrent la discussion des mesures. Les nombres cités se rapportent à une observation faite le 9 juillet à 0^h5^m T. U.; ciel pur, vent au sol nul.

1° Des fluctuations ayant un caractère périodique sont rares; elles n'affectent en général à un instant donné qu'un seul des faisceaux. La plus grande durée observée d'une vibration à peu près nette est $0^s,49$; période $0^s,033$. Ces manifestations régulières ne jouent presque aucun rôle statistique : trois observations dont la durée totale est $1^s,41$, $7^s,00$ et $17^s,25$, où les lectures sont faites à des intervalles de $0^s,0343$, $0^s,137$ et $0^s,274$, donnent respectivement pour valeur moyenne arithmétique de la fluctuation relative : $0'',48$, $0'',50$ et $0'',52$. Dans les limites de durée indiquées, la corrélation dans le temps paraît être nulle.

2° Les fluctuations relatives de deux faisceaux dont les axes sont distants de 17, 53 et 70^{cm} ont pour moyenne arithmétique respectivement $0'',46$, $0'',51$ et $0'',48$. La fluctuation moyenne de l'ordonnée d'une traînée, multipliée par $\sqrt{2}$, fournit une limite supérieure (les vibrations instrumentales et l'effet de marche des mesures y étant inclus) de la fluctuation relative qu'on observerait entre deux faisceaux sans liaison; on trouve ici $0'',59$. On voit que la corrélation des mouvements de deux faisceaux disparaît en majeure partie lorsque leur distance croît de 0 à 17^{cm}. Cette observation est à rapprocher du résultat de mesures interférométriques décrit ici même, en 1926, par M. Danjon. Elle comporte les mêmes conclusions quant aux conditions d'emploi des grands instruments.

3° J'ai réuni les trois séries d'écarts mesurés sur un même cliché, qui ont à très peu près la même valeur moyenne, en vue de déterminer la loi de répartition de 340 écarts correspondant à une observation. La fréquence observée s'écarte peu, et d'une façon nullement systématique, de la probabilité d'un phénomène fortuit, cela même pour de grands écarts; le plus grand qui ait été relevé dans l'intervalle de 17 secondes est $2'',04$.

ACOUSTIQUE. — *Sur la diffusion des ondes élastiques dans les fluides.* Note de M. **René Lucas**, présentée par M. Paul Langevin.

L'intervention du phénomène de diffusion des ondes élastiques dans la propagation des ultrasons a été signalée récemment (1).

(1) R. Lucas, *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 1171; P. Biquard, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 117.

Dans la présente Note je me propose de préciser les relations entre ce phénomène de diffusion et les grandeurs qui caractérisent le liquide soumis aux ondes élastiques.

Un volume sphérique de rayon ε immergé dans un liquide de compressibilité μ et fonctionnant comme une sphère pulsante de Bjerkness dissipe une puissance acoustique

$$W = \frac{8\pi^3 \varepsilon^4 K^2}{\mu V \Lambda^2},$$

V vitesse du son dans le liquide, Λ longueur d'onde élastique, K amplitude de la vitesse radiale de la surface sphérique.

Dans un fluide soumis à des ondes élastiques, si un élément de volume (petit vis-à-vis de la longueur d'onde) n'a pas la même valeur de compressibilité que le reste du fluide, il va fonctionner comme une source pulsante. Soient μ' la compressibilité de l'élément de volume, A l'amplitude de l'onde élastique de pulsation ω, ε le rayon de l'élément de volume supposé sphérique. L'amplitude de vitesse efficace pour le phénomène de diffusion est

$$K = \frac{\varepsilon}{3}\left(\frac{\mu' - \mu}{\mu}\right)\frac{A\omega^2}{V}$$

et la puissance dissipée par diffusion sera

$$W = \frac{8\pi^3 \varepsilon^6}{9\mu V^3 \Lambda^2}\left(\frac{\mu' - \mu}{\mu}\right)^2 A^2 \omega^4.$$

S'il existe par unité de volume N éléments de ce genre la puissance dissipée par unité de volume sera

$$W' = \frac{2\pi}{9}\,\frac{\varepsilon^6 A^2 \omega^6}{\mu V^5}\left(\frac{\mu' - \mu}{\mu}\right)^2 N.$$

On en déduit le coefficient d'extinction de l'amplitude sonore, ce coefficient α_a a pour valeur

$$\alpha_a = \frac{W'}{\rho V A^2 \omega^2} = \frac{2}{9}\,\frac{\varepsilon^6}{V^4}\,\omega^4 N\left(\frac{\mu' - \mu}{\mu}\right)^2$$

(ρ densité du milieu). On peut, à titre d'application, constater que l'extinction par diffusion d'ondes sonores de fréquences audibles traversant de l'air où se trouvent des gouttelettes d'eau (nuages, pluie) est tout à fait insignifiante comme le montre l'observation courante.

Par contre, l'extinction d'un faisceau ultrasonore se propageant dans de l'eau renfermant de microscopiques bulles d'air devient facilement considérable.

On peut également relier la diffusion aux paramètres thermodynamiques du liquide. Si l'on admet que les fluctuations de compressibilité sont dues à l'agitation thermique, et si l'on suppose la vitesse des ondes élastiques constante dans les diverses régions du liquide, la condition

$$\rho\mu = \frac{1}{V^2} = \text{const.}$$

donne

$$\frac{\rho' - \rho}{\rho} = \frac{\mu - \mu'}{\mu}.$$

Or, d'après la théorie des fluctuations,

$$\left(\overline{\frac{\rho' - \rho}{\rho}}\right)^2 = \frac{RT\beta}{\mathcal{N}\Delta v},$$

R constante des gaz parfaits, $\mathcal{N}$ nombre d'Avogadro, T température absolue, β compressibilité isotherme et Δv élément de volume.

Ici

$$\Delta v = \frac{4\pi}{3}\varepsilon^3 \qquad \text{et} \qquad N = \frac{1}{\Delta v},$$

par suite

(1) $$\alpha_a = \frac{2\pi^3}{\Lambda^4}\frac{RT\beta}{\mathcal{N}}.$$

Il est intéressant de rapprocher cette relation de celle relative à l'extinction de la lumière par diffusion (molécules isotropes) :

$$(\alpha_a)_{\text{lumière}} = \frac{4\pi^3}{\lambda^4}\frac{RT\beta}{\mathcal{N}}(n^2 - 1)^2,$$

n désignant l'indice de réfraction, λ la longueur d'onde dans le vide de la lumière.

La comparaison des deux relations montre que la valeur de l'extinction par diffusion des ondes élastiques serait d'un ordre de grandeur comparable à celle des ondes lumineuses d'un faisceau de même longueur d'onde.

L'ordre de grandeur de l'effet de diffusion observé par P. Biquard est d'un ordre de grandeur beaucoup plus grand (cas du toluène). On est donc conduit à admettre qu'au sein du liquide des éléments de volume (agrégats cristallins par exemple) présentent des valeurs de compressibilité très différentes de celle observée macroscopiquement.

On rejoint donc ainsi le point de vue qui m'avait servi de base pour suggérer l'existence du phénomène de diffusion dans la propagation des ultrasons.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur le phénomène de Hall dans les alliages antimoine-tellure, antimoine-argent.* Note [1] de M. **Edmond van Aubel**, transmise par M. Aimé Cotton.

Je me suis proposé d'étudier le phénomène de Hall dans les alliages antimoine-tellure, antimoine-argent, pour vérifier la relation qui existe entre cet effet et le pouvoir thermoélectrique.

L'effet Hall a été mesuré dans l'antimoine pur et les alliages suivants :

1° antimoine avec 4,26 pour 100 en poids de tellure;
2° antimoine avec 10,0, 19,9, 39,1, 60,2 et 73,3 pour 100 en poids d'argent.

Les métaux employés étaient aussi purs que possible.

1. *Alliage antimoine-tellure.* — On sait que l'intensité de l'effet Hall dans le tellure est exprimé par $+536$, alors que l'on trouve pour l'antimoine $+0,219$.

Il semblerait donc, à première vue, qu'en ajoutant du tellure à l'antimoine, l'intensité du phénomène de Hall devrait augmenter. On trouve, au contraire, que l'effet Hall est considérablement diminué, dans le rapport de 1 à 0,64, pour l'alliage à 4,26 pour 100 en poids de tellure. En même temps le pouvoir thermoélectrique a aussi énormément baissé. En effet, j'ai mesuré le pouvoir thermoélectrique de l'antimoine pur et de l'alliage antimoine avec 4,26 pour 100 de tellure, en les associant au cuivre électrolytique, les soudures étant aux températures 15° et 100° : le pouvoir thermoélectrique de l'antimoine pur étant pris pour unité, celui de l'alliage à 4,26 pour 100 en poids de tellure est seulement 0,70 [2].

2. *Alliages antimoine-argent.* — Ces alliages donnent lieu à une combinaison Ag^3Sb qui est indiquée par l'étude de plusieurs propriétés physiques, notamment le pouvoir thermoélectrique [3]. La courbe des pouvoirs thermoélectriques en fonction de la composition présente un point anguleux, qui correspond à un pouvoir thermoélectrique de sens contraire à celui de l'antimoine, mais beaucoup plus petit.

L'étude de l'effet Hall pour diverses compositions montre aussi l'existence

---

(1) Séance du 28 septembre 1936.

(2) Voir aussi Haken, *Annalen der Physik*, 4e série, **32**, 1910, p. 312.

(3) Voir Haken, *loco citato* et van Aubel, *Bulletin de l'Académie des Sciences de Belgique*, 5e série, **12**, 1926, p. 559.

de cette combinaison Ag^3Sb, qui correspond à 73,3 pour 100 d'argent. L'effet Hall dans celle-ci a le signe contraire de celui de l'antimoine pur et est environ 20 fois plus petit. Le point anguleux correspond à Ag^3Sb est indiqué nettement sur la courbe de l'effet Hall.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *La phosphorylation de la cozymase.* Note (¹) de Mme **Dorothy Moyle Needham**, présentée par M. Georges Urbain.

Dans plusieurs Communications, von Euler et ses collaborateurs ont démontré que la cozymase peut remplacer l'acide adénylique dans les extraits de muscle, lors des réactions concernant le transport de phosphate d'une molécule organique à une autre (²). Ceci est vrai, par exemple, pour l'hydrolyse de l'acide pyrophosphorique et pour le transport de phosphate de l'acide phosphopyruvique à la créatine. Vestin démontrait en outre la production d'un phosphate hydrolysable en 7 minutes à 100° dans l'acide normal quand la phosphocréatine et la cozymase sont ajoutées ensemble à l'extrait de muscle. Meyerhof et Kiessling ont aussi observé dans les extraits de levure une formation de cozymase phosphorylée. Il paraît ainsi que la cozymase, comme l'acide adénylique, peut être phosphorylée (le composé phosphorylé étant facilement hydrolysable dans l'acide normal) et que la cozymase phosphorylée peut transférer le phosphate, par exemple, à la créatine. La présente Communication apporte une autre preuve de la formation de cozymase phosphorylée, obtenue par l'emploi de l'acide phosphoglycérique et de l'acide phosphopyruvique comme agents phosphorylants.

L'extrait de muscle de lapin était utilisé, après inactivation par conservation à 0° pendant 5-10 jours, et dialysé pendant 7-12 heures en sacs de cellophane. La cozymase était préparée par une modification de la méthode de Myrbäck (³). La solution de cozymase était toujours mise à l'épreuve pour l'acide adénylique. Cette épreuve était faite par incubation avec du muscle haché de grenouille pendant 1, 2, 3 et 4 heures. Il y avait

(¹) Séance du 7 septembre 1936.

(²) Von Euler et Gunther, *Zeitsch. physiol. Chem.*, 235, 1935, p. 112; von Euler et Vestin, *ibid.*, 237, 1936, p. 1; 240, 1936, p. 99.

(³) Meyherhof et Kiessling, *Naturwiss.*, 24, 1936, p. 361.

une formation d'ammoniac libre pendant la première heure, et cette augmentation est probablement due à la désamination de l'acide adénylique; dans un cas, cela équivalait à environ 20 pour 100 du phosphore total de la solution; dans les autres cas la proportion de l'acide adénylique présent était moindre. Le fait qu'il n'y avait pas d'augmentation entre la fin de la première et de la quatrième heure montre que la cozymase même ne subit pas la désamination par les enzymes du muscle ([1]). Dans les expériences préliminaires, quand l'acide adénylique était présent comme impureté dans la cozymase ([2]), le phosphore facilement hydrolysable qui était formé, était toujours plus abondant que ne pouvait l'expliquer la formation maximum de l'acide adénosinetriphosphorique. Dans la plupart des expériences, la solution de cozymase resta 10 minutes, avec l'extrait musculaire avant l'addition des autres constituants. Des témoins démontraient que par ce traitement ces quantités de l'acide adénylique disparaissaient, et ne pouvaient amener à la formation de *pyro* P. Il a été montré que, dans les solutions de cozymase, le phosphore organique était équivalent au ribose (déterminé par la méthode de Bial), comme il était à prévoir si tout le phosphore organique présent était contenu dans la cozymase ou dans l'acide adénylique.

Il a été toujours de règle que dans les échantillons exactement semblables, auxquels l'acide adénylique était ajouté à la place de cozymase, la phosphorylation avait lieu beaucoup plus vite que dans les échantillons qui contenaient la cozymase. Par exemple, pendant 5 minutes avec 2^{cm^3} de l'extrait musculaire, $0^{mg},3$ de phosphore adénylique a causé la formation de $0^{mg},51$ de pyro P, pendant que $0^{mg},25$ de cozymase P a produit seulement $0^{mg},11$ de pyro P. Une nouvelle quantité de phosphore facilement hydrolysable est formée ensuite à partir de la cozymase, mais encore plus lentement : seulement $0^{mg},03$ pendant les 10 minutes suivantes. Dans un autre cas, pendant 7 minutes, $0^{mg},64$ et $0^{mg},19$ de pyro P étaient formés à partir de l'acide adénylique ($0^{mg},3$ P) et de la cozymase ($0^{mg},35$ P) respectivement. Pendant les 15 minutes suivantes, le pyro P à partir de la cozymase augmenta de $0^{mg},27$.

On en conclut qu'un composé phosphorylé de la cozymase, composé contenant du phosphore facilement hydrolysable, est formé dans l'extrait musculaire, à la suite d'une réaction avec l'acide phosphopyruvique.

([1]) MYRBÄCK, *Ergeb. der Enzymforschung*, 2, 1933, p. 139.

([2]) MYRBÄCH et ORTENBLAD, *Zeitsch. physiol. Chem.*, 234, 1935, p. 254.

RADIOACTIVITÉ. — *Coefficient de fractionnement du radium et de ses isotopes dans la cristallisation du chlorate de baryum.* Note de M. **Bertrand Goldschmidt**, présentée par M. Paul Langevin.

Engendrés par des radioéléments distincts et à vie longue, les isotopes radioactifs peuvent s'obtenir isolément, mais une fois mélangés ils ne peuvent être séparés.

Ainsi les sels de baryum étant isomorphes de ceux du radium, des cristallisations fractionnées d'un sel de baryum contenant un mélange de radium et de mésothorium I permettent d'isoler le baryum, alors qu'il a jusqu'ici été impossible de déceler aucun indice de séparation entre les deux isotopes Ra et MsThI.

Je me suis demandé s'il ne serait pas plus facile de mettre en évidence une très faible différence de propriétés chimiques de ces isotopes en mesurant pour chacun le coefficient de fractionnement baryum-radium d'un sel de baryum-radium dans les mêmes conditions expérimentales.

Le coefficient de fractionnement mesuré est le rapport (à l'équilibre) de la teneur en radium du sel cristallisé à la teneur en radium du sel dissous dans la solution correspondante.

Je me suis efforcé de réaliser les conditions les plus voisines de l'équilibre : formation très lente de la phase cristalline à partir d'une eau mère constamment agitée et à température constante. L'enrichissement du cristal en radium provoque un appauvrissement de la solution, d'où formation du cristal à partir d'un liquide dont la composition varie.

Pour éviter cet inconvénient j'ai opéré sur une masse de sel de baryum dissous suffisamment grande pour que la formation de la quantité de cristaux, nécessaire à la mesure, ne change sensiblement pas la composition du liquide du début à la fin de l'opération.

Le chlorate de baryum a été utilisé; un thermostat maintenait la température à 30° ($\pm$ 1/10°).

Deux cents grammes de chlorate étaient dissous à saturation à 30°, 1 à 2^g de sel y étaient ensuite rajoutés à chaud et l'ensemble plongé dans le thermostat. Dans une telle solution à peine sursaturée la formation d'un cristal est très lente; l'introduction d'un germe cristallin donne après 24 heures d'agitation un cristal unique dont le poids varie de 0,25 à 1^g.

Pour mesurer l'activité d'une prise d'essai, le chlorate était transformé

en carbonate par précipitation à chaud par un excès de carbonate d'ammonium en présence d'ammoniaque (opération qui, je l'ai vérifié, ne change pas le rapport Ra/Ba). Deux cents milligrammes de carbonate de baryum actif étaient placés dans des cuvettes de 2^{cm} de diamètre. En raison du dégagement d'émanations par les trois produits radioactifs utilisés, les cuvettes étaient refermées par des feuilles de verre d'épaisseur bien constante (12/100e de millimètre) collées au baume de Canada.

Une fois l'équilibre radioactif atteint les produits étaient mesurés en rayonnement β. Le rapport des mesures de l'échantillon de carbonate provenant du cristal et de celui qui correspond à la solution donne le coefficient de fractionnement cherché.

Des quatre isotopes du radium, trois ont été étudiés : le radium ${}^{226}_{88}Ra$; l'actinium X ${}^{223}_{88}Ra$ et le thorium X ${}^{224}_{88}Ra$.

Le mésothorium I ${}^{228}_{88}Ra$ n'a pu faire l'objet d'une expérience étant donné l'impossibilité de l'obtenir en quantité suffisante exempt de radium.

Les résultats obtenus montrent que dans les conditions réalisées il est aisé d'obtenir le coefficient cherché à environ 1 pour 100 près :

Radium.......	2,84	2,86	2,87	2,88	2,88	2,91		(2,87 ± 0,04)
Actinium X...	2,78	2,85	2,86	2,88	2,91	2,96	2,97	(2,88 ± 0,10)
Thorium X....	2,85	2,85	2,87	2,88	2,90	2,93		(2,88 ± 0,05)

On peut conclure que, pour ces trois isotopes, le coefficient mesuré a la même valeur dans les limites de précision de l'expérience.

Dans les trois cas les produits utilisés avaient des activités voisines, ce qui, en raison de la grande différence de vie des trois isotopes, correspond à de grandes variations de concentration de ceux-ci.

Pour le radium j'ai utilisé 1 milligramme-élément, ce qui correspond à une concentration Ra/Ba d'environ 10^{-5}, tandis qu'il y avait AcX/Ba d'environ 10^{-9} et ThX/Ba d'environ 10^{-11}.

Le coefficient est donc constant, même quand la concentration en radium varie de 10^{-5} à 10^{-11}.

Les expériences précédentes permettent de montrer que dans la syncristallisation de deux sels isomorphes, si l'un d'eux est excessivement dilué de 10^{-5} à 10^{-11}, le coefficient de fractionnement qui régit la composition du cristal mixte ne dépend pas de la concentration de ce microcomposant et a la même valeur pour trois isotopes différents.

CINÉTIQUE CHIMIQUE. — *Inhibition par l'hydrogène de la réaction en chaînes des mélanges de pentane normal et d'oxygène.* Note de M. **Marcel Prettre.**

J'ai montré ([1]) que l'oxydation des vapeurs de pentane normal entre 260 et 300°C, sous des pressions comprises entre 100 et 760^{mm}, est un processus en chaînes fréquemment ramifiées satisfaisant aux relations générales découvertes par Semenoff pour ce type de transformations. J'ai constaté depuis ([2]) que l'addition d'azote, gaz chimiquement inerte, avait pour résultat d'augmenter considérablement la vitesse de l'oxydation lente et de faciliter l'inflammation spontanée dans le même domaine de température et de pression.

Tempé-ratures (° C.).	Pressions (mm Hg). Pentane.	Oxygène.	Hydrogène.	Nature de la réaction.	W_m.	τ_m (secondes).
240......	201,2	203,5	0	Combustion lente	4,2	5500
240......	202,6	204,2	302,2	Id.	3,5	6200
250......	204,8	201,9	0	Id.	6,5	2000
250......	199,2	220,2	303,2	Id.	5,6	2350
260......	307,7	289,5	0	Inflammation	∞	134
260......	308,6	301,7	155,5	Combustion lente	21,2	400
270......	98,1	305,7	0	Inflammation	∞	122
270......	104,6	303,4	303,4	Combustion lente	11,6	540
280......	152,9	158	0	Inflammation	∞	12
280......	151,3	162,5	302,9	Pseudo-inflammation	∞	57
300......	48,9	86,8	0	Id.	∞	23
300......	50,1	84,8	303,1	Id.	∞	27

Il était particulièrement intéressant d'examiner l'influence d'additions d'hydrogène sur cette combustion du pentane. Au premier abord il paraît logique que ce gaz combustible facilite l'oxydation du mélange carburé, mais une autre hypothèse est plausible. Les mélanges de pentane et d'oxygène les plus aisément oxydables contiennent toujours un fort excès de carbure et leur combustion lente donne naissance à de l'hydrogène. Ce gaz ajouté initialement au mélange carburé, y demeure en quantité au moins égale durant le cours de la transformation et pourrait, de ce fait, être considéré comme un gaz inerte. Dans l'une ou l'autre hypothèse, la

([1]) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1176.
([2]) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 561.

vitesse d'oxydation et l'aptitude à l'inflammation d'un mélange carburé devraient être accrues par une addition d'hydrogène.

Le tableau ci-dessus rassemble quelques-unes des mesures cinétiques faites sur divers mélanges de pentane et d'oxygène additionnés ou non d'hydrogène. Il y figure, pour chaque essai, la vitesse maximum W_m (en millimètres de mercure par minute) atteinte durant l'oxydation et le temps τ_m (en secondes) au bout duquel cette vitesse est atteinte.

Ces résultats montrent que *l'hydrogène, gaz combustible, s'oppose à l'oxydation et à l'inflammation du pentane, alors qu'un gaz inerte, l'azote, facilite cette combustion dans les mêmes conditions.* L'hydrogène inhibe donc l'oxydation du pentane dans le domaine de pression et de température soumis à l'investigation. Cet effet inhibiteur est particulièrement prononcé entre 260 et 280°. Or c'est dans le même intervalle de températures que diminuent très rapidement les conditions de pression nécessaires à l'apparition du phénomène explosif. C'est à ce moment que la probabilité de ramification des chaînes augmente brusquement. L'action inhibitrice de l'hydrogène se manifeste donc sur les réactions de ramification des chaînes. Quand ces réactions sont peu efficaces, vers 240-250°, l'inhibition par l'hydrogène est faible. Elle augmente ensuite avec l'importance de la ramification (260 à 280°). Mais au delà de 280°, la probabilité des réactions de ramification devient trop grande pour que l'hydrogène demeure un obstacle sérieux; des quantités mêmes considérables de ce gaz n'exercent plus guère d'inhibition. Dans tous les cas examinés, l'action inhibitrice croît d'abord très rapidement avec le volume d'hydrogène ajouté, puis de plus en plus lentement.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la nitration de quelques hydrocarbures paraffiniques normaux.* Note de MM. **Thadée Urbański** et **Marion Sloń**.

Les recherches sur la nitration des hydrocarbures paraffiniques, commencées par Konowalow en 1893 et poursuivies depuis ([1]), ont montré

([1]) M. Konowalow, *J. Rus. Chem. Soc.*, 25, 1893, p. 472; 31, 1899, p. 57; *Ber. d. chem. Ges.*, 28, 1895, p. 1855; Wl. Markownikow, *J. Rus. Chem. Soc.*, 31, 1898, p. 523, 530; *Ber. d. chem. Ges.*, 33, 1900, p. 1906; R. A. Worstall, *J. Amer. Chem. Soc.*, 20, 1898, p. 202; F. E. Francis et Sidney Young, *J. Chem. Soc.*, 73, 1898, p. 928; H. B. Hass, E. B. Hodge, B. M. Vanderbildt, U. S. Pat., **1967667**, 1933; P. Schorigin et Toptschiew, *Ber. d. chem. Ges.*, 67, 1934, p. 1362.

que les plus faciles à nitrer sont ceux qui contiennent un carbone tertiaire. Les hydrocarbures normaux s'y prêtent beaucoup plus difficilement, mais il est possible d'obtenir les dérivés nitrés des hydrocarbures à chaîne plus longue que le pentane. Jusqu'à présent on n'avait pu réussir à nitrer les hydrocarbures à chaîne plus courte.

Dans le présent travail, nous décrivons un procédé de préparation directe des dérivés nitrés des hydrocarbures tels que le méthane et le *n*-propane.

La méthode est basée sur la nitration de l'hydrocarbure par les oxydes d'azote en phase gazeuse :

Après avoir mélangé le plus parfaitement possible les vapeurs sèches de N^2O^4 et de l'hydrocarbure, on fait passer le tout dans un tube de verre, rempli d'anneaux de verre, placé à l'intérieur d'un four électrique qui le porte à la température voulue. Les produits volatils de la réaction passent dans un réfrigérant et peuvent être condensés.

Dans le cas du *n*-propane, la nitration commence déjà au-dessus de 100°; la nitration du méthane s'effectue plus difficilement et à température plus élevée, soit au-dessus de 200°.

Le chauffage du mélange gazeux est une opération assez dangereuse et les auteurs ont subi de multiples accidents, entraînant la destruction de l'appareil par explosion.

Nitration du propane. — Le produit liquide de la nitration était lavé à l'eau, séché, et soumis à la distillation sous pression réduite. On recueillait ainsi :

Fraction I. — Point d'ébullition compris entre 32 et 34° sous 15^{mm}Hg, taux d'azote : 15,75 pour 100, poids moléculaire (méthode de V. Meyer modifiée par W. Swietoslawsky) : 91,8. Ces chiffres correspondent au *nitropropane* (azote : 15,73 pour 100; P. M. 89,0).

Nous expliquons le chiffre un peu supérieur obtenu pour le poids moléculaire par une erreur systématique, certaine, mais non encore définie, que donne l'appareil avec ce genre de composés. On trouve en effet pour le nitrométhane chimiquement pur : P.M. = 64 (théorie : 61).

La substance, additionnée de soude et de nitrite $NaNO^2$, donne une coloration rouge caractéristique d'un sel d'acide nitrolique formé à partir d'un dérivé primaire. Tous ces faits démontrent que nous sommes en présence de l'α-nitropropane $CH^2NO^2.CH^2.CH^3$.

La température d'ébullition normale [méthode de Smith et Menzies (1)] est 121°, valeur inférieure à celle indiquée (125-127°) par V. Meyer (2), elle est due à la plus grande pureté de notre substance en comparaison avec le produit préparé par V. Meyer à partir du chlorure de propyle et du nitrite d'argent.

Fraction II. — Ébullition de 34° à 42°. Obtenu en très petite quantité, c'est un mélange du mono et du dinitropropane.

Fraction III. — Ébullition au-dessus de 42° sous 15mm Hg. Le poids moléculaire n'a pas été évalué à cause de la trop faible volatilité; l'ébulliométrie n'a pas donné de bons résultats à cause de la forte association de la molécule. Le taux d'azote : 19,39 pour 100 correspond au dinitropropane (calculé 20,89 pour 100) contenant un peu de dérivé mononitré.

Avec la soude et le nitrite, cette fraction donne une coloration rouge. Nous avons donc affaire à un composé nitré primaire : l'α-α'-dinitropropane $CH^2NO^2 - CH^2 - CH^2NO^2$.

Le rapport pondéral des fractions I et II est variable et dépend des conditions de l'expérience; en moyenne, on a recueilli des quantités égales de mono et de dinitropropane. Le rendement total peut atteindre 70 pour 100 de la valeur théorique.

Produits secondaires. — La nitration donne également naissance à une certaine quantité de produits d'oxydation solubles dans l'eau de lavage du nitrocomposé brut. Il est possible d'y déceler la présence d'aldéhydes (précipité rouge orangé avec la phénylhydrazine, action réductrice sur le permanganate), des acides gras tels que les acides propionique et acétique, précipités par $Hg(NO^3)^2$.

L'eau de lavage possède une odeur âcre, caractéristique des substances citées plus haut.

Nitration du méthane. — Les essais de nitration du méthane par cette méthode ont donné en principe de bons résultats. La réaction cependant s'effectue plus difficilement et nécessite une température plus élevée; le rendement est insignifiant.

Outre le nitrométhane, il se forme également des dérivés polynitrés, jusqu'au tétranitrométhane inclus, avec des produits d'oxydation, comme l'acide formique.

(1) *J. Amer. Chem. Soc.*, **32**, 1910, p. 897.
(2) *Lieb. An.*, **195**, 1875, p. 88.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Contribution à l'étude du β-myrcène. Hydrogénation par le sodium et l'alcool.* Note de MM. **Georges Dupont** et **Victor Desreux**, présentée par M. Robert Lespieau.

Le β-myrcène utilisé dans cette étude provient de la fraction distillant à 72-74° sous 25mm d'une essence de lemon-grass de Madagascar. Cette fraction ne contenait, à côté de β-myrcène, qu'une faible quantité de méthyl-hepténone qui a été éliminée à l'aide d'une réaction de Grignard suivie d'une séparation, par rectification, du carbure et de l'alcool ainsi formé.

Les propriétés du β-myrcène ainsi obtenu étaient les suivantes :

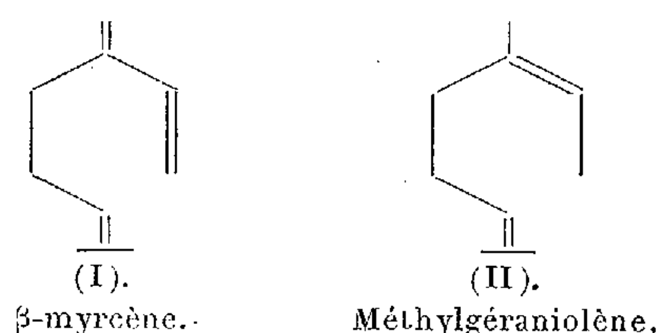
Distillation 72-73° sous 25mm; $D_4^{20} = 0,791$; $n_D^{21} = 1,470$.

Spectre Raman : 404 (f. 1); 457 (f. 2); 527 (n. 3); 573 (f. 1); 612 (f. 1); 675 (n. 4); 735 (f. 2); 813 (f. 2); 899 (a. n. 6); 1009 (a. n. 4); 1064 (a. n. 6); 1107 (n. 6); 1147 (n. 6); 1292 (n. 16); 1330 (n. 2); 1379 (n. 8); 1418-1455 (b. 16); 1634 (n. 20); 1675 (n. 16) (1).

L'absence d'α-myrcène est démontrée par la non-existence, dans le spectre, d'une raie voisine de 1645 qui devrait correspondre à une double liaison isolée en bout de chaîne.

Le β-myrcène peut, par la méthode de Rupp et Brachmann (2), fixer seulement 4 atomes de brome. Chauffé avec l'anhydride maléique, il donne l'anhydride de l'*acide isohexène*-1_3 *cyclohexène*-1 *dicarboxylique*-4.5 bouillant à 202° sous 12mm, fondant à 34° et qui, par hydratation, donne l'acide fondant à 117°. Ces dérivés s'identifient sensiblement avec ceux obtenus, à partir du myrcène, par Diels (3).

Le myrcène, possédant deux doubles liaisons conjuguées, est hydrogénable par le sodium et l'alcool. Le fait a été établi par Semmler (4) qui admet que l'hydrogénation se fait en 1.4 sur le système conjugué en conduisant au méthyl-géraniolène (II) :



(I). β-myrcène.   (II). Méthylgéraniolène.

(1) Comp. Gehman et Osterhof, *J. Am. Chem. Soc.*, 58, 1936, p. 215.

(2) *Zeit. Anal. Chem.*, 68, 1926, p. 156.

(3) *Lieb. Ann.*, 470, 1929, p. 65.

(4) *Ber. Deust. chem. Ges.*, 34, 1901, p. 3126.

Toutefois la constatation de différences assez fortes entre les constantes du dihydromyrcène et celles du méthylgéraniolène obtenu par d'autres voies ([1]) nous a conduits à reprendre l'étude de la question à l'aide de la méthode spectrographique, afin de voir si l'explication des anomalies rencontrées ne se trouvait pas dans le fait que le processus d'hydrogénation n'est pas aussi simple que le pensait Semmler.

Le dihydromyrcène que nous avons obtenu en hydrogénant le myrcène par le sodium et l'alcool possédait les caractéristiques suivantes :

Éb. 62-63° sous 18-20^{mm}; $D_4^{20} = 0,777$; $n_D^{21,5} = 1,449$.

Ces caractéristiques sont identiques à celles d'un méthylgéraniolène que nous avons préparé, à partir de β-géraniol pur, par la méthode de Chablay ([2]); mais une différence nette apparaît entre les spectres Raman des deux corps : celui du méthylgéraniolène était le suivant :

395 (f. 2); 453 (f. 2); 587 (f. 1); 738 (f. 1); 773 (f. 1); 912 (f. 1); 954 (f. 1); 997-1049 (b. 4); 1070 (a. n. 2); 1113 (a. n. 4); 1156 (f. 2); 1209 (f. 2); 1281 (n. 6); 1307 (a. n. 3); 1331 (a. n. 4); 1347 (n. 4); 1381 (n. 15); 1429-58 (b. 15); 1675 (n. 20).

Le spectre du dihydromyrcène possède toutes les raies de celui du géraniolène, mais présente, en outre, une raie de fréquence 1648 cm^{-1} qui correspond à une double liaison terminale, très probablement primaire-tertiaire ([3]).

Puisque nous sommes partis ici de β-myrcène exempt d'α, on ne peut attribuer cette raie à la présence d'α-géraniolène et l'on doit penser qu'elle appartient à un dihydromyrcène possédant encore, sur le carbone 6, une liaison méthylénique.

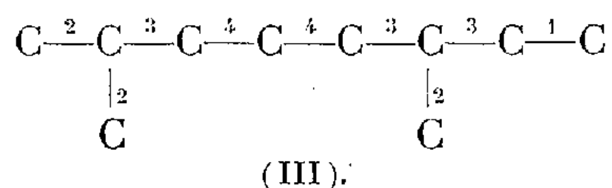
Nous pouvons donc conclure de ce qui précède que l'hydrogénation du

---

([1]) Voir Longuinof et Margoliss, *Bull. Soc. chim.*, **45**, 1929, p. 156.

([2]) *Ann. de Chim.*, 8, 1917, p. 193.

([3]) D'après les résultats actuellement connus, les fréquences qui correspondent aux diverses doubles liaisons (non conjuguées) dans la formule d'un terpène aliphatique (III)



(III).

sont les suivantes :

En **1**, 1642 à 1645; en **2**, 1647 à 1650; en **3**, 1674; en **4**, position *cis*, 1658; position *trans*, 1674.

β-myrcène par le sodium et l'alcool ne se fait pas intégralement en 1-4 sur le système conjugué, mais qu'elle porte partiellement aussi sur la double liaison primaire-secondaire, le premier mode d'hydrogénation étant, d'ailleurs, très largement dominant.

BOTANIQUE. — *Une vue d'ensemble de 10 années de cultures sur la précocité acquise et héritée.* Note de M. **Pierre Lesage**, présentée par M. Marin Molliard.

Les expériences que je fais avec le *Lepidium sativum* ont montré que cette plante, cultivée sous châssis pendant quelques générations, produit des graines qui, semées en plein air, donnent des plantes précoces par rapport aux plantes toujours de plein air, et ce caractère physiologique, acquis par la vie sous châssis, devient héréditaire puisqu'il se conserve encore en plein air à la quinzième génération, en 1936.

La même précocité apparaît à Rennes avec les graines mûries à Alger pendant quelques générations. C'est cette partie de mes recherches que je désire présenter plus particulièrement ici, après 10 années des cultures que j'ai faites à Rennes en même temps que M. Maire a bien voulu, sur ma demande, en faire à Alger, de 1927 à 1936.

En 1927, des graines d'une même culture de Rennes, toujours en plein air, ont été semées simultanément à Rennes et à Alger et ont donné des plantes dont les graines ont été échangées entre ces deux stations en 1928, et y ont donné des plantes qui n'ont pas montré de différence appréciable à Rennes. De même les graines de 1928, semées en 1929, n'ont pas produit, à Rennes, des plantes différentes de celles ayant toujours vécu à cette station. Mais, en 1930, après trois générations à Alger (1927, 1928, 1929), les graines de 1929, semées à Rennes, y ont produit des plantes qui ont accusé la précocité sur celles ayant toujours vécu à Rennes. Et, à partir de cette époque, la précocité s'est toujours montrée dans les plantes qui figurent dans le tableau ci-après où ces plantes sont représentées par les initiales des stations, A pour Alger, Re pour Rennes, disposées en ordre chronologique de culture d'après la formule générale $A_m Re_n$ dans laquelle les indices m et n rappellent le nombre de générations pendant lesquelles les plantes ont vécu à la station correspondante.

On peut apprécier cette précocité d'un simple coup d'œil sur les courbes de croissance construites avec les mesures de la taille des plantes de chaque

culture, prises deux fois par semaine, en les opposant deux par deux : courbe de la culture témoin de chaque année à Rennes, Ren', qui figure sur le premier rang du tableau au-dessous du rang des années, et courbe de la culture à comparer, issue de graines mûries à Alger, AmRen. Dans cette manière de représenter les faits, $n' = m + n$ et commence à 1927.

1930.	1931.	1932.	1933.	1934.	1935.	1936.
Re_4	Re_5	Re_6	Re_7	Re_8	Re_9	Re_{10}
A_3Re	A_3Re_2	A_3Re_3	A_3Re_4	A_3Re_5	A_3Re_6	A_3Re_7
	A_4Re	A_4Re_2	A_4Re_3	A_4Re_4	A_4Re_5	A_4Re_6
		A_5Re	A_5Re_2	A_5Re_3	A_5Re_4	A_5Re_5
			A_6Re	A_6Re_2	A_6Re_3	A_6Re_4
				A_7Re	A_7Re_2	A_7Re_3
					A_8Re	A_8Re_2
						A_9Re

En 1928 et 1929, les deux courbes se superposent, indiquant par là que la vitesse de croissance est la même dans les deux cultures comparées. C'est en 1930 que ces deux courbes s'écartent, montrant que A_3Re est précoce par rapport à Re_4, et ceci se reproduit les années suivantes de 1931 à 1936. Je ne puis songer à représenter ici les 28 groupes des courbes que j'ai construites, qu'il suffise de dire que l'écart se conserve et paraît même grandir quand m grandit de A_3Re à A_9Re, avec des variations de détail que le manque de place ne me permet pas de signaler autrement. De plus, chaque année suivante, la précocité persiste à Rennes; par exemple les plantes A_3Re_7 sont encore précoces par rapport aux plantes Re_{10} et la précocité ne paraît pas s'être atténuée du groupe A_3Re, Re_4 au groupe A_3Re_7, Re_{10}.

Au total il y a bien apparition à Rennes de la précocité acquise par 3 générations de vie à Alger, cette précocité ainsi acquise est héritée au moins jusqu'à la 7e génération à Rennes; et cette précocité, acquise encore mieux après 4, 5, 6, 7 et 8 générations à Alger, persiste pendant plusieurs générations à Rennes.

Des cultures ont été faites aussi à Marseille et à Rothamsted (Angleterre) depuis 1927. En 1936, les plantes de 15e génération en plein air après la vie sous châssis sont encore précoces par rapport aux plantes toujours en plein air de ces stations.

A Rothamsted (Ro), les plantes provenant de graines mûries à Alger, ont, en première génération, AmRo, la même allure que celles de Rennes, AmRe, comme le montrent les courbes de croissance construites avec les mesures prises, chaque année, deux fois par semaine par Miss Winifred E.

Brenchley. Je m'en suis tenu à cette première génération à Rothamsted, A*m*Ro, de crainte d'abuser en demandant d'y faire aussi les cultures $A_m Ro_n$.

PHYSIOLOGIE. — *Production d'un déséquilibre alimentaire par introduction d'acide urique ou d'acide oxalique dans la ration du pigeon.* Note de M. **Raoul Lecoq**, présentée par M. Emmanuel Leclainche.

Nous avons montré que les vitamines B, indispensables à l'utilisation des glucides dans l'organisme, sont également nécessaires pour assurer l'utilisation des protides et des lipides (¹). Il existe cependant certains glucides, protides ou lipides qui ne peuvent être substitués aux substances du même groupe sans entraîner, dès qu'elles se trouvent en forte proportion dans un régime, un *déséquilibre alimentaire* qui se traduit par la production d'accidents polynévritiques, malgré l'addition quotidienne à la ration de plus ou moins fortes doses de vitamines B (²). Un déséquilibre du même ordre est obtenu par l'introduction d'acide lactique ou d'acides gras dans des rations qui, par ailleurs, semblent complètes (³). D'autres produits de la dégradation des constituants organiques normaux de la ration peuvent-ils intervenir et produire, dans des conditions analogues, un déséquilibre alimentaire? C'est ce que nous nous sommes proposé de vérifier, au moins en ce qui concerne l'acide urique et l'acide oxalique, substances produites au cours de la désintégration des nucléoprotéides et jouant un rôle important dans les manifestations lithiasiques et goutteuses.

Dans une première série d'essais, nous avons ajouté à des régimes complets pour le pigeon, des doses progressives (2, 5 et 10 pour 100) d'acide urique ou d'acide oxalique, de façon à déterminer la sensibilité de l'animal à ces substances. Les proportions de 5 et 10 pour 100 d'acide oxalique entraînaient très rapidement la mort des sujets; les proportions de 2 et 5 pour 100 d'acide urique donnaient par contre des résultats inconstants. Trois régimes furent donc constitués, dans lesquels l'élément glucidique (saccharose) prédominait, le premier servant de témoin, le

(¹) R. Lecoq, *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 1267; **195**, 1932, p. 827.

(²) Mme Randoin et R. Lecoq, *Comptes rendus*, **188**, 1929, p. 1188; R. Lecoq, *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 1269; R. Lecoq et J. Savare, *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 1540.

(³) R. Lecoq, *Comptes rendus*, **200**, 1935, p. 1979; **202**, 1936, p. 1304.

second renfermant 10 pour 100 d'acide urique et le troisième, 2 pour 100 d'acide oxalique :

	I.	II.	III.
Caséine purifiée	6	6	6
Fibrine purifiée	5	5	5
Ovalbumine purifiée	5	5	5
Acide urique	"	10	"
Acide oxalique	"	"	2
Saccharose	66	56	64
Graisse de beurre	4	4	4
Mélange salin	4	4	4
Agar-agar	8	8	8
Papier filtre	2	2	2

Chacun de ces régimes fut donné à raison de 20^{g} par jour, quantité énergétiquement satisfaisante, à des pigeons adultes de 350^{g} environ, recevant en outre comme supplément des doses de 0^{g}, 0^{g},50, 1^{g}, 2^{g} et 4^{g} de levure de bière desséchée. source éprouvée de vitamines B.

En l'absence de levure, chacun des trois régimes permet le développement chez l'animal de crises polynévritiques, caractéristiques de l'avitaminose B totale, bientôt suivies de mort. Dès que l'addition de levure de bière est faite au régime I en quantité suffisante (1^{g} et au-dessus), les accidents polynévritiques sont évités, la ration se trouvant alors normalement équilibrée. Il n'en est pas de même avec les régimes II et III; des manifestations polynévritiques surviennent, en effet, malgré l'addition de levure dans tous les cas, avec exception cependant pour l'addition de 4^{g} de levure au régime II. Ces accidents polynévritiques sont rarement cérébelleux. Par contre, ils atteignent, électivement et avec une particulière acuité, les pattes de l'animal. Il nous semble que de tels accidents doivent être rapportés, ainsi que ceux que nous avons observés avec l'acide lactique et pour des raisons analogues, au déséquilibre alimentaire.

Les durées moyennes des survies constatées dans ces conditions avec les divers régimes, exprimées en jours ou en mois, sont groupées dans le tableau ci-après :

	I.	II.	III.
Régime sans levure	15 à 72 j.	15 à 27 j.	15 à 27 j.
Régime avec 0^{g},50 de levure	4 à 6 m.	20 j. à 3 m.	1 à 3 m.
Régime avec 1^{g} de levure	+ de 6 m.	1 à 5 m.	2 à 4 m.
Régime avec 2^{g} de levure	+ de 6 m.	2 à 6 m.	2 à 6 m.
Régime avec 4^{g} de levure	+ de 6 m.	+ de 6 m.	2 à 6 m.

Comme on peut s'en rendre compte, de grandes différences s'observent entre les durées des survies, pour une même addition de levure, avec les régimes II et III. Les survies les plus longues s'accompagnent habituellement d'accidents récidivants ou de troubles chroniques, caractérisés par

une raideur plus ou moins accusée des articulations, entraînant la difficulté de la marche (goutte urique ou oxalique). En présence d'une forte dose de vitamines B, l'acide urique, produit normal du métabolisme azoté du pigeon, se trouve mieux toléré que l'acide oxalique.

Conclusions. — 1° L'introduction de 10 pour 100 d'acide urique ou de 2 pour 100 d'acide oxalique dans un régime normalement équilibré favorise l'apparition de crises polynévritiques chez le pigeon, malgré l'addition de doses quotidiennes élevées de vitamines B.

2° Les polynévrites occasionnées par l'adjonction d'acide urique ou d'acide oxalique au régime atteignent plus spécialement les pattes des animaux et peuvent revêtir des formes chroniques rappelant la goutte.

3° L'acide urique et l'acide oxalique se montrent, comme l'acide lactique et les acides gras, autres produits de désintégration des constituants organiques, des causes de déséquilibre alimentaire.

PATHOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur les tumeurs obtenues par inoculation de* Bacterium tumefaciens *à des plantules et des jeunes plantes cultivées aseptiquement.* Note de M. **Albert Berthelot** et Mlle **Germaine Amoureux**, présentée par M. Félix Mesnil.

Au cours des recherches que nous poursuivons, depuis 1933, sur la composition chimique des tumeurs du collet de la Betterave et sur la nature des composés produits *in vivo* comme *in vitro* par *B. tumefaciens* (¹), nous avons essayé d'obtenir des formations néoplasiques sur des plantules ou de très jeunes plantes cultivées en milieu aseptique. Nos expériences ont porté sur le Pois, le Ricin, la Betterave, la Capucine, le Soleil, le Tabac, la Tomate et la Courge. Les plantules de Pois et surtout de Courges (P. nain d'Annonay, C. d'Italie et C. Sucrière du Brésil) constituent un matériel d'étude intéressant; mais c'est avec le Soleil *grand de Russie* à une fleur (*Helianthus uniflorus*) que nous avons obtenu les meilleurs résultats.

Nos cultures sont réalisées dans des tubes de verre neutre fermés à un bout et bouchés à l'ouate (diamètre 22 à 40^{mm}; hauteur 220 à 450^{mm}). Le plus souvent nous utilisons le milieu synthétique suivant : H^2O 1000; NO^3K $0^g,20$; $(NO^3)^2Ca$ $0^g,20$; NO^3NH^4 $0^g,15$; PO^4KH^2 0^g40; SO^4K^2 $0^g,05$; $SO^4Mg, 7H^2O$ $0^g,30$; nous y ajoutons XV gouttes d'une

(¹) A. Berthelot, *Bull. Soc. Chim. biol.*, **12**, 1930, p. 109, et G. Amoureux, *Ann. Inst. Past.*, **54**, 1935, p. 1.

liqueur apportant en proportions convenables Fe, Mn, Ni, Co, Ti, Zn, Cu, Gl et B ([1]). Ce milieu est stérilisé sans qu'il y ait à s'inquiéter du précipité.

Pour nos expériences d'ordre morphologique, la solution nutritive imprègne de la sciure de bois séchée à 125° après avoir subi une macération prolongée dans de l'eau ammoniacale, suivie d'un épuisement à l'eau distillée. Parfois cette sciure est employée seule; mais, en général, nous la mélangeons avec une quantité convenable de pouzzolanes granulées ou de graviers de rivière. Quand nous désirons opérer en milieu chimiquement défini, nous employons, comme support, de petites perles pleines, en verre neutre, ou, parfois, du coton hydrophile ou de la pâte de papier à filtrer. Les tubes, contenant le milieu et son support, sont chauffés à l'autoclave à 134° pendant une heure et demie. Après la stérilisation, le pH de la solution est voisin de 6,5.

Les graines, stérilisées par l'eau oxygénée ou l'hypochlorite de calcium, sont introduites aseptiquement dans les tubes; ceux-ci sont alors placés et maintenus en pleine lumière, aussi près que possible d'une fenêtre très éclairée. L'inoculation des plantules par *B. tumefaciens* est pratiquée avec une fine aiguille de verre de la même manière qu'un ensemencement, soit dès les premiers jours de la germination, soit sur des jeunes plantes de 5 à 10^{cm} de hauteur.

La grande sensibilité des jeunes tissus en pleine prolifération cellulaire, s'ajoutant aux conditions dans lesquelles se trouve le végétal inoculé (atmosphère riche en CO^2 et constamment humide, abondance des principes nutritifs, absence de germes autres que l'élément pathogène), imprime au développement des tumeurs des caractères particuliers. En effet, lorsque la température ambiante n'est pas trop basse (15° à 20°), c'est souvent dès le septième jour qu'on voit débuter la formation néoplasique. La croissance de celle-ci et, dans certains cas, son extension aux régions voisines sont beaucoup plus rapides que chez les plantes plus âgées, cultivées en pots ou en pleine terre. Qu'il s'agisse de tumeurs de la tige ou de l'axe hypocotylé, de tumeurs du collet et même des cotylédons ou de la racine, la surface du néoplasme, formée de cellules arrondies, gonflées, brillantes, apparaît presque semblable à celle des cultures de tissu cambial obtenues par R.-J. Gautheret ([2]). Th. Solacolu et D. Constan-

---

([1]) A. Berthelot, *Bull. Soc. Chim. biol.*, 16, 1934, p. 1553.

([2]) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 2195, et *Thèse de Sciences*, Paris, 1935, p. 213.

tinescu ont d'ailleurs observé cette particularité sur les tumeurs aseptiques qui apparaissent au collet de plantules isolées se développant en milieu de Knop glucosé additionné d'hétéro-auxine de Kögl (¹).

Au cours de nos essais, dont certains ont duré jusqu'à trois mois, nous avons observé que, pendant les six premières semaines environ, le rapport de la masse de tissus néoformés à la masse des tissus sains est proportionnellement beaucoup plus grand que lorsqu'il s'agit de plantes adultes vivant à l'air libre en milieu septique.

Les résultats que cette technique nous a donnés depuis près de trois ans, nous ont montré qu'elle paraît susceptible de faciliter dans une certaine mesure les recherches, même biochimiques, physiologiques et cytologiques, sur les tumeurs végétales d'origine bactérienne. En raison de l'asepsie de la plante et du milieu, elle offre des avantages particuliers pour l'essai des antigènes, dans l'étude des agents néoplastiques, qu'ils soient physiques ou chimiques, et pour déterminer l'influence des variations de la composition du milieu sur l'évolution des tumeurs. Elle permet, non seulement d'être fixé très vite sur le pouvoir pathogène d'un germe, mais encore d'effectuer des essais d'immunisation ou de traitement difficiles à réaliser en milieu septique. A cet égard, nous avons d'ailleurs eu l'occasion de l'appliquer au cours de recherches que M. Magrou a entreprises avec nous depuis quelques années.

Cette technique donne aux expérimentateurs le moyen d'étudier plus aisément les passages directs du virus de plante à plante, l'apparition des métastases, les greffes de tumeurs, et de tenter la culture des tissus néoplasiques dans des conditions particulièrement favorables. Nous espérons pouvoir bientôt donner quelques précisions sur les applications que nous venons d'énumérer.

EMBRYOGÉNIE TÉRATOLOGIQUE. — *Sur la polyembryonie dans les tumeurs à tissus multiples du testicule chez l'homme.* Note (²) de MM. **Albert Peyron** et **Henri Limousin**, présentée par M. Maurice Caullery.

Nous venons de mettre en évidence, dans les tumeurs à tissus multiples des sujets mâles, (testicule), une polyembryonie, comparable par sa précocité à celle qui a été démontrée chez les Hyménoptères par les études

(¹) Th. Solacolu et C. Constantinescu, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 437.
(²) Séance du 28 septembre 1936.

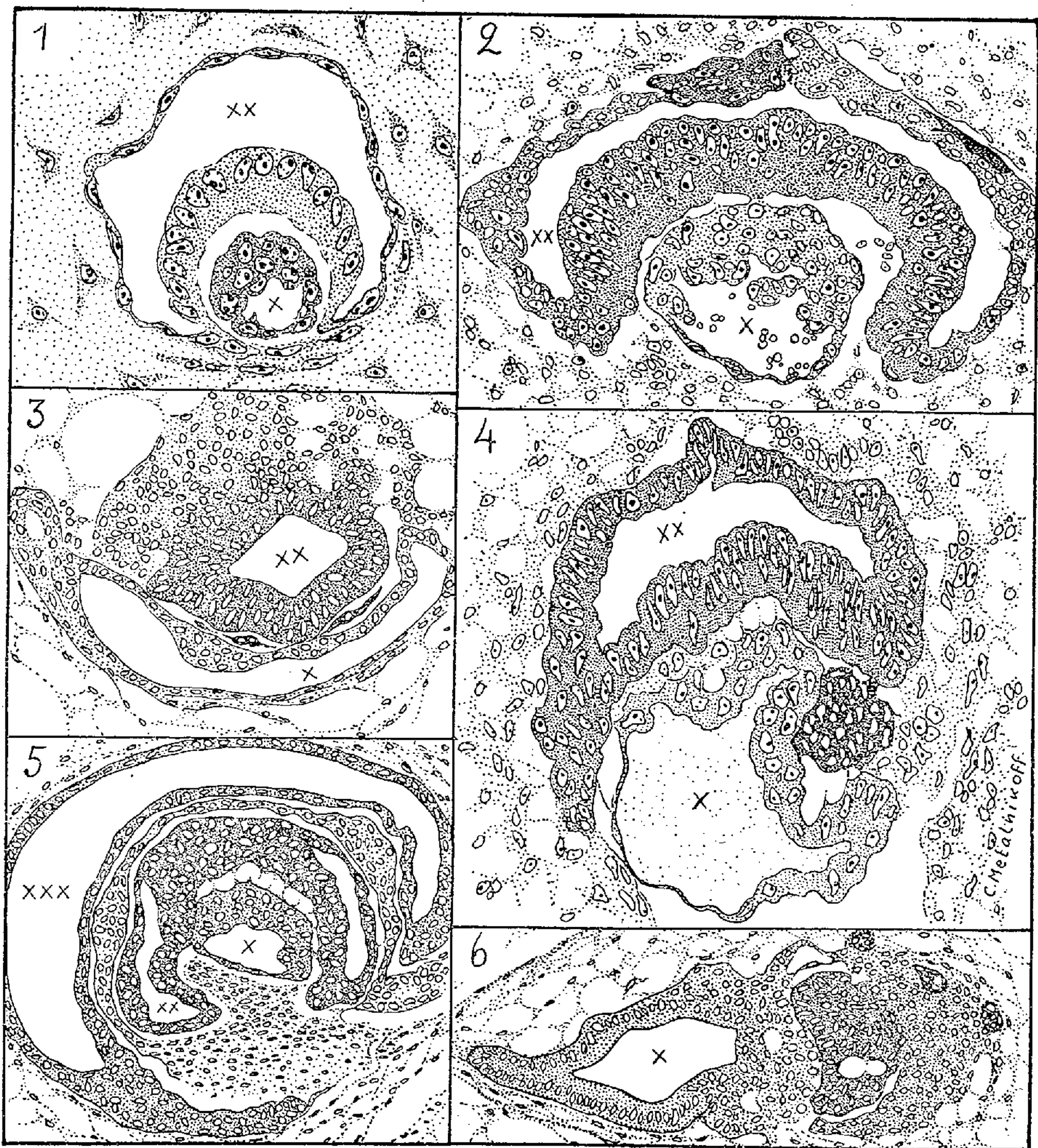


Fig. 1. — Disposition schématisée de deux vésicules embryonnaires dans un des plus jeunes œufs humains jusqu'ici connus (œuf de Miller). *x*, vésicule entoblastiques; *xx*, vésicule amnio-ectodermique.

Fig. 2. — Les deux vésicules dans un embryome testiculaire (sujet de 19 ans). Sur la voûte amiotique, en deux points, petits amas syncytiaux de trophoblaste en voie de pénétration.

Fig. 3. Autre tumeur. Bouton sectionné transversalement et sur lequel on reconnaît (en gris foncé) le mésoderme, de chaque côté de la ligne primitive.

Fig. 4. — Même tumeur, bouton montrant entre les deux vésicules (à droite) l'amas mésodermique de coloration plus foncée.

Fig. 5. — Autre tumeur. Homme, 34 ans; bouton montrant, à la périphérie de la vésicule amnio-ectodermique, une grande vésicule cœlomique *xxx*; les trois vésicules paraissent ici emboîtées l'une dans l'autre.

Fig. 6. — Même tumeur que dans les figures 3 et 4. Vésicule entoblastique de forme allongée avec différenciation plus avancée que celle de la vésicule amnio-ectodermique. Dans le blastème mésenchymateux périphérique, à droite, trois petits amas syncytiaux de trophoblaste.

fondamentales de Marchal. Le développement tératologique d'un œuf dans la glande génitale mâle de l'homme avait pu être envisagé théoriquement, depuis la mise en évidence du tissu placentaire dans les embryomes du testicule. Toutefois, les premiers stades du blastoderme tératologique engendrant la tumeur n'avaient pas encore été découverts. Nous avons identifié le stade précoce de *bouton embryonnaire* dans 7 de nos tumeurs (soit approximativement 1/10 des cas étudiés sur coupes sériées de divers fragments). Les boutons, généralement très nombreux (plusieurs centaines à plusieurs milliers), peuvent se reconstituer pendant toute l'évolution de la tumeur. Ils sont formés par deux massifs cellulaires juxtaposés : *a*, l'un *amnioectodermique*, d'apparition précoce, se creuse rapidement d'une cavité régulière; on le reconnaît à sa forme en dôme ou en coupole et surtout au contraste entre son plancher épais et sa voûte amincie : *b*, l'autre, d'apparition plus tardive, ordinairement inclus dans la concavité du précédent, représente l'*entoblaste* primitif; sa cavité est plutôt irrégulière, et mal délimitée; d'autre part, entre les deux formations, on peut retrouver, sur une section sagittale favorable : 1° à un des pôles du bouton, un petit amas cellulaire d'aspect dense, qui correspond à l'*amas mésodermique* bien connu dans l'œuf des Primates, 2° à sa partie moyenne, entre les deux cavités, une assise irrégulière plus ou moins épaissie, pouvant correspondre, suivant les points de la section (et suivant les cas), à la *plaque prochordale*, à la *chorde*, ou au *mésoderme axial*. Nous avons observé plusieurs fois, au niveau de boutons ou de vésicules qu'un hasard favorable avait permis de sectionner transversalement, une *ligne primitive* et une ébauche de *canal chordal*.

Ainsi constitués, ces boutons embryonnaires de nos tumeurs offrent une identité parfois complète avec ceux de l'œuf normal des Primates, récemment décrits et figurés par J. P. Hill, et avec ceux des jeunes blastodermes humains aujourd'hui connus. On pourrait s'étonner que ces formations soient restées aussi longtemps méconnues par les pathologistes. Le fait s'explique en partie par la rareté des boutons typiques; la plupart, en effet se désagrègent rapidement, engendrant des microkystes plus ou moins irréguliers de nature variable (entodermique, ectodermique ou neuroectodermique; cœlomique, etc.).

On comprend ainsi que les boutons fassent complètement défaut dans la plupart des tumeurs. Les coupes sériées sont indispensables pour préciser leur topographie, ainsi que la distinction du trophoblaste et du mésenchyme à leur périphérie. Ces embryomes, représentant ainsi une culture prolongée de jeunes blastocystes en milieu mâle, constituent un objet d'étude,

beaucoup plus favorable que les embryomes ovariens, ou même que l'ovaire normal. Dans ce dernier, Leo Loeb a mis le premier en évidence des complexus parthénogénétiques, mais ils sont très rares, presque toujours isolés, dégénérés et arrêtés au stade des blastomères ou de morula.

Au contraire, dans nos embryomes, les boutons, en nombre parfois extraordinaire (plusieurs dizaines de milliers dans un cas) montrent les plus grandes variations de forme et de dimensions. Ce matériel d'étude va permettre des observations et des précisions nouvelles sur de nombreux points de la blastogénie normale restés jusqu'ici (chez l'homme) discutés ou obscurs; par exemple, le mode de creusement et d'extension de la cavité amniotique, le mécanisme de la gastrulation, l'origine du mésoderme, les rapports primitifs de la plaque prochordale avec l'endoderme et l'ébauche chordale, l'origine et le mode d'action des facteurs d'organisation.

Remarques à propos de la Note de MM. Peyron et Limousin,
par M. **Maurice Caullery.**

La polyembryonie tératologique, que MM. Peyron et Limousin viennent de mettre en évidence dans les embryomes humains, me semble, d'un point de vue purement zoologique, avoir, dans l'ordre des phènomènes normaux, son analogue le plus proche dans la prolifération asexuée de la vésicule kystique de certains Cestodes et spécialement du Tænia échinocoque.

Remarquons enfin que les embryomes du testicule peuvent être considérés comme un indice s'ajoutant à la série de ceux qui impliquent la bipotentialité sexuelle chez les mâles.

IMMUNOLOGIE. — *Sur les propriétés floculantes et immunisantes des anatoxines purifiées par précipitation à l'acide trichloracétique.* Note de MM. **Gaston Ramon**, **André Boivin** et **Rémy Richou**, présentée par M. Félix Mesnil.

Comme l'un d'entre nous l'a montré ([1]), l'acide trichloracétique permet de purifier les exotoxines vraies et leurs dérivés anatoxiques, en les séparant à la fois des endotoxines glucido-lipidiques éventuellement présentes et de l'immense majorité des substances étrangères du bouillon de culture.

([1]) A. Boivin, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 284.

Le précipité, de nature protidique, qui se forme sous l'action de l'acide trichloracétique, est redissous en milieu faiblement alcalin; dans la solution ainsi obtenue, on retrouve les propriétés biologiques caractéristiques de la toxine ou de l'anatoxine brute d'où l'on est parti. Nous exposerons ici quelques résultats qui nous ont été fournis par l'étude des propriétés floculantes et immunisantes des anatoxines diphtérique et staphylococcique ainsi purifiées.

L'anatoxine diphtérique G. 318 a été traitée par l'acide trichloracétique et le précipité a été redissous dans un petit volume de solution phosphatique de pH 8. On a ramené au volume initial de l'anatoxine brute, soit au moyen d'eau physiologique, soit au moyen du bouillon qui sert à préparer la toxine diphtérique. On a alors soumis à la réaction de floculation, et comparativement, chacune des deux solutions ainsi obtenues et l'anatoxine brute elle-même, en utilisant pour cela un même sérum antidiphtérique étalon. On a constaté que les trois préparations présentent le même pouvoir floculant, soit 36 unités. L'apparition de la « floculation initiale » est parfois quelque peu retardée pour la solution dans le bouillon et surtout pour la solution dans l'eau physiologique, par rapport à la vitesse de floculation de l'anatoxine brute.

Les trois préparations présentant la même valeur antigénique *in vitro*, nous avons recherché leur activité immunisante *in vivo*. Dans ce but, après avoir constitué trois séries de chacune huit cobayes, de même origine et de même poids, on a injecté, à trois semaines d'intervalle, 1^{cm^3} et 2^{cm^3} d'anatoxine brute aux animaux de la première série, et les mêmes doses de précipité anatoxique redissous dans l'eau physiologique et de précipité anatoxique redissous dans le bouillon, aux animaux des deuxième et troisième séries. Deux prises de sang ont été effectuées chez tous les cobayes, l'une trois semaines après la première injection et l'autre 12 jours après la seconde. Les sérums d'une même série ont été réunis et le dosage de l'antitoxine spécifique a été pratiqué dans chaque mélange. Les résultats suivants ont été obtenus :

	Titre en unités antitoxiques internationales des trois mélanges de sérums.	
Cobayes ayant reçu :	Premier dosage.	Deuxième dosage.
de l'anatoxine brute	1/2	6
du précipité anatoxique en eau physiologique	1/2	12
du précipité anatoxique en bouillon	1/3	2

On remarque que le précipité anatoxique redissous dans l'eau physiolo-

gique possède une activité immunisante nettement supérieure à celle que présente l'anatoxine brute, alors que le même précipité, remis en solution dans le bouillon, se montre très inférieur à l'anatoxine brute, dans son pouvoir immunisant.

Cette expérience, reproduite selon la même technique, sur trois nouvelles séries de chacune six cobayes, nous a permis de faire des constatations identiques.

Nous avons alors répété l'expérience sur le lapin. On a constitué deux séries de chacune quatre animaux. Chaque animal a reçu, à trois semaines d'intervalle, 1^{cm^3} puis 2^{cm^3} d'anatoxine brute ou d'anatoxine purifiée et redissoute dans le sérum physiologique. Les lapins ont été saignés trois semaines après la première injection, puis dix jours après la deuxième et l'antitoxine spécifique a été dosée dans le mélange des sérums de chaque série. Les résultats, que nous résumons ci-dessous, sont en accord avec ceux obtenus sur le cobaye :

	Titre en unités antitoxiques internationales des deux mélanges de sérums.	
Lapins ayant reçu :	Premier dosage.	Deuxième dosage.
de l'anatoxine brute..........................	1/15	1/2
du précipité anatoxique en eau physiologique...	1/6	2

Enfin des essais de purification et de mesure de l'activité immunisante, que nous avons effectués en utilisant l'anatoxine staphylococcique, nous ont conduits à des constatations tout à fait comparables à celles que nous venons de faire connaître touchant l'anatoxine diphtérique.

Nous poursuivons nos essais. Mais, des résultats exposés dans la présente Note, nous pouvons dès maintenant conclure qu'il est aisé, par la technique à l'acide trichloracétique, de débarrasser les anatoxines diphérique et staphylococcique des substances étrangères du bouillon, sans rien leur enlever, bien au contraire semble-t-il, de leurs propriétés immunisantes.

La séance est levée à $15^h 40^m$.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 12 OCTOBRE 1936.

PRÉSIDENCE DE M. JEAN PERRIN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Lauge Koch**, Correspondant pour la Section de Géographie et Navigation, qui assiste à la séance.

NÉCROLOGIE. — *Rectification et addition relatives à l'éloge funèbre de* JEAN CHARCOT (paru dans les *Comptes rendus* du 21 septembre 1936, p. 549), par M. **Louis Bouvier.**

C'est accidentellement que j'ai présidé la séance du 21 septembre et, par suite, tout à fait à l'improviste et hâtivement que j'ai dû préparer les éloges funèbres des deux éminents Confrères *Jean Charcot* et *Henry Le Chatelier* dont, ce jour-là, nous avions à déplorer la perte.

Je connaissais beaucoup **Jean Charcot**, je l'avais en haute estime, et je pouvais peut-être mieux que personne apprécier les services inestimables qu'il avait rendus à la Science zoologique, surtout durant ses deux campagnes aux régions antarctiques. Et puis je l'admirais pour sa maîtrise et son courage. Si bien qu'émotion d'un côté, hâte excessive de l'autre, j'ai commis dans l'éloge de l'illustre explorateur un certain nombre de lapsus qu'il convient de relever :

1° Le détroit de Scoresby n'est point « sur la côte occidentale du Groenland » mais sur la côte orientale, nul ne pouvait moins que moi l'ignorer.

2° Le mercredi, jour où eut lieu le drame, n'était point le « 17 du mois » de septembre, mais bien le 16, date qui restera dans les annales de la Science.

3° Réduit aux renseignements assez divers des journaux, j'ai cru pouvoir dire « équipage et missionnaires, soit 36 hommes, tout le monde a péri, sauf un marin ». Grâce à la grande amabilité de notre éminent Confrère, M. le Vice-Amiral Durand Viel, chef d'État-Major de la Marine, et au concours obligeant de son chef de Cabinet, M. le Capitaine de frégate Le Chuiton, je puis fixer de manière quasi officielle le chiffre et les qualités du personnel du *Pourquoi-Pas?* dans la catastrophe désormais historique :

Mission scientifique, 6 personnes, dont le Dr Jean Charcot qui dirigeait la campagne.
Équipage, 34, sous le commandement de M. Le Conniat Joseph, officier des Équipages de 1re classe.
Matelot civil, 1, demi-soldier.

En tout 41 hommes qui disparurent (1) tous, à l'exception du maître timonier *Godinec Eugène*, de Tréboul. Au jour (2 octobre) où j'ai obtenu ces renseignements, la mer a rendu 22 cadavres; conservera-t-elle les 18 autres?

4° La lettre du capitaine de frégate Le Chuiton précise le rôle et les services de Jean Charcot au cours de la Grande Guerre : il fut chargé d'abord d'une mission par l'Amirauté anglaise pour la surveillance des abords des Iles Feroë puis, postérieurement, il revint aux patrouilles fran-

---

(1) Voici la liste des victimes :

Mission : J.-B. Charcot, membre de l'Institut; Dr Parat, maître de Conférences à la Sorbonne, naturaliste; Dr *Jacquiert*, de Châlons-sur-Marne, naturaliste; Devaux, directeur de l'Observatoire du Pic du Midi et fils de notre correspondant, professeur à la Faculté des Sciences de Bordeaux; *Nemours Larronde*, bibliothécaire de la Société de Géographie; Badeuil, peintre et cinéaste.

Équipage : *Joseph Le Conniat*, capitaine; *Charles Le Guen*, premier-maître de manœuvres; *Pierre Floury*, premier-maître pilote; Émile Bastien, premier-maître mécanicien; *Olivier Cabon*, maître timonier; huit quartiers-maîtres de manœuvres, Raymond Renault, François Le Person, Francis Brochu, *François Pochic*, *Auguste Esnoux*, *André Le Chevanton*, *Louis Cordier*, Auguste Bougeard; deux quartiers-maîtres timoniers, Jean Mahé et *Michel Perherin*; un quartier-maître électricien, Jean Billy; deux quartiers-maîtres radio, *Jean Vigne* et *Georges Baudet*; trois quartiers-maîtres mécaniciens, André Péron, Yves Pirion, François Nicolas; trois quartiers-maîtres chauffeurs, Joseph Le Menn, *Jean Guillou*, René Vaucelle, quatre autres quartiers-maîtres, *Gabriel Seven*, four, Gaston Malésieux, boulanger, Aristide Simon, cuisine, Désiré Even, hôtel; cinq matelots, *Jacques Kervella*, François Jaouen, Antoine Stephan, *Henry Raoul*, François Le Bris; enfin le matelot demi-soldier, *Jules Burtes*.

(Les noms en *italiques* sont ceux des hommes dont les corps n'ont pas été rejetés.)

çaises de la Manche et de l'Atlantique, ce qui lui valut en décembre 1918 la citation à l'Ordre de l'Armée suivante :

« A donné depuis le début des hostilités un haut exemple de dévouement, exerçant le commandement de deux bâtiments de patrouille, d'abord dans le nord de l'Écosse, ensuite dans l'Atlantique et dans la Manche. A montré, au cours d'une rencontre du bâtiment spécial qu'il commandait et d'un sous-marin, le courage réfléchi, la décision et l'énergie d'un chef de grande autorité morale. » (14 décembre 1918.)

Vraiment, Charcot avait tracé sa propre image morale en baptisant son navire du nom de *Pourquoi-Pas ?*

GÉOLOGIE. — *L'imprégnation hydrocarburée des phosphates nord-africains et son origine*. Note de M. **Lucien Cayeux**.

L'attention des ingénieurs et des mineurs a été appelée depuis longtemps sur les hydrocarbures qui se dégagent au cours de l'exploitation des phosphates de la Tunisie et de l'Est algérien.

Dans le cas des phosphates les plus pauvres en hydrocarbures, rien n'est changé dans leurs caractères physiques, mais il suffit de frotter très légèrement n'importe quel échantillon pour qu'il s'en dégage une odeur *sui generis* très accentuée.

Quand l'imprégnation hydrocarburée se manifeste au maximum, la teinte du phosphate, qui est normalement gris clair, vire au gris brun, ou devient franchement brune, voire brun noirâtre, colorations qui gagnent en intensité, lorsque la roche est imprégnée d'eau de carrière. La Tunisie centrale et les plateaux du Hodna, au Sud-Ouest de Sétif, sont, par excellence, les régions où l'on peut étudier les phosphates les plus modifiés par l'inclusion d'hydrocarbures. Les centres de Rebiba, Kalaat-ès-Senam et Kalaa-Djerda, en Tunisie, de Tocqueville, M'Zaïta et Bordj-Rdir, dans le département de Constantine, sont particulièrement intéressants à cet égard. Pour peu que les chantiers d'exploitation soient insuffisamment aérés, il y règne une odeur « bitumineuse » extrêmement prononcée. La concentration des produits peut être telle que le bitume liquide remplit, par exception, des sortes de cavités géodiques, et même une faille (Tunisie). Enfin, la concentration des hydrocarbures sous pression, en des poches, formant vase clos dans le phosphate, a donné lieu à plusieurs dégagements instantanés, qualifiés de « coups de grisou » par les ouvriers, et assez violents pour entraîner

mort d'homme (Tunisie). Il s'agit, ainsi qu'on le voit, non d'une imprégnation à dose ultrafaible, comme il en existe dans une foule de roches, dégageant sous le choc une odeur dite fétide, mais de quelque chose d'important, posant un problème d'une certaine envergure.

Dès que l'imprégnation est assez prononcée pour que les phosphates revêtent une physionomie aberrante, elle marque son empreinte sur la constitution des matériaux phosphatés, et elle le fait de bien des manières :

1° Les grains sont comme voilés dans toute leur épaisseur, et leur teinte est devenue café au lait de plusieurs nuances, changement qui ne s'oppose nullement à l'analyse des inclusions organiques.

2° La distribution du pigment entraîne une différenciation des éléments en présence. Par exemple, il se concentre à la périphérie des grains, voire dans une zone médiane. Il en peut même résulter des grains à structure concentrique, se décomposant en zones aux limites indécises, alternativement claires et foncées.

3° Lorsque le phénomène atteint son maximum de développement, la concentration dans tout ou partie des éléments phosphatés est accusée, au point qu'ils sont convertis en globules absolument opaques, masquant la totalité des inclusions organiques.

Ce ne sont là que les principales modalités.

En quoi consiste cette imprégnation? Dans les coupes très minces, et dans le cas où le phénomène en est, pour ainsi dire, à son début, la matière pigmentaire se résout en granulations d'une extrême exiguïté qui se laissent individualiser plus ou moins. A dose massive, l'addition d'hydrocarbures crée l'impression d'un milieu continu, réfléchissant la lumière avec une teinte brunâtre comme dans le cas précédent. La matière en cause revêt un autre faciès, sous la forme de tout petits grains irréguliers se détachant en noir en lumière transmise, et avec une couleur brunâtre, en lumière réfléchie. De plus, il est certain que cette même matière se concentre dans des microorganismes, par exemple dans les tout petits Radiolaires signalés précédemment, qui s'en trouvent convertis en minuscules globules noirâtres. Enfin, il est non moins évident qu'elle s'est substituée, à grande échelle, à la silice des petits Radiolaires, et qu'elle épigénise les nombreux microspicules reconnus dans les grains. Entre parenthèses, ce mode de fossilisation rappelle tout à fait celui des Radiolaires dans les phosphates dinantiens des Pyrénées.

De tout cela il résulte que l'imprégnation met en cause plusieurs produits hydrocarburés : une matière bitumineuse liquide, un hydrocarbure

gazeux et un composé solide. En l'état de nos connaissances, ni les uns, ni les autres ne sont définis chimiquement.

Dans une préparation donnée, voire dans une seule et même plage, il est possible d'observer côte à côte des grains imprégnés à des degrés fort divers et, par exemple, un élément rendu opaque par l'imprégnation tout à côté d'un autre qui a gardé sa teinte normale. De surcroît, l'imprégnation est, à peu d'exceptions près, réservée aux matériaux phosphatés à l'exclusion du ciment, même si celui-ci est phosphaté. Ces deux particularités tendent à prouver que les grains ont été imprégnés en des points différents, avant leur mise en place.

Cette imprégnation, ainsi que le démontrent les deux observations suivantes, est loin de donner une idée exacte de ce qu'elle fut à l'origine : 1° d'une manière générale, dans un gisement donné, la coloration des matériaux s'atténue beaucoup au voisinage de la surface et aux affleurements, phénomène synonyme d'appauvrissement en hydrocarbures; 2° des silex subordonnés à des phosphates très imprégnés renferment des grains beaucoup plus teintés que ceux des phosphates, du fait que la matière même des silex s'est opposée à la migration des hydrocarbures inclus (Kalaat-és-Senam). Bref, tels qu'on les voit aujourd'hui, les phosphates de la Tunisie et de l'Est algérien sont dépouillés d'une partie des hydrocarbures qui s'y trouvaient emmagasinés dès le principe.

Le domaine des solutions possibles en ce qui concerne la genèse de ces imprégnations est étroitement circonscrit par les rapports des phosphates imprégnés avec les terrains encaissants. De toute nécessité, il faut chercher dans la formation phosphatée elle-même l'élément générateur des matières hydrocarburées qui imprègnent ses éléments.

A la lumière de ce que nous avons appris, touchant le rôle du microplankton dans la constitution des grains de phosphate [1], il est hors de conteste que ceux-ci ont été engendrés dans un milieu qu'on ne saurait imaginer plus riche en matière organique. Cela étant, la source des hydrocarbures est toute trouvée. Il suffit d'admettre que la décomposition de cette matière s'est opérée dans des conditions favorables à la fixation des hydrocarbures mis en liberté pour que la question d'origine soit résolue [2].

---

(1) L. Cayeux, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 477-480.

(2) J'incline à croire que la conclusion formulée s'applique également à ceux des phosphates des territoires du Levant sous mandat qui, eux aussi, sont fortement imprégnés.

C'est ainsi que, par un enchaînement des plus logiques, l'étude des phosphates nord-africains nous met en présence du problème de l'origine et de l'emmagasinement des hydrocarbures liquides. A supposer que la formation phosphatée de l'Afrique du Nord ait été immédiatement enfouie sous une couverture imperméable, de manière à garder la totalité de ses hydrocarbures élaborés sur place, puis entraînée en profondeur par des mouvements orogéniques, il en serait résulté un véritable gisement d'hydrocarbures. Il va de soi que, dans un pareil gisement *d'origine nettement marine* et non lagunaire, *la roche-mère et la roche-magasin se confondraient en une seule*. Reste à savoir, du point de vue pratique, si ces conditions n'ont pas été réalisées quelque part en Afrique.

Entre ce problème et celui des pétroles, tel qu'on le pose aujourd'hui, il y a une différence fondamentale en dépit de leur étroite parenté. D'une part, les phosphates en question, tout en perdant la presque totalité de leurs hydrocarbures, ont conservé, en nombre incalculable, les microorganismes qui ont concouru à leur formation. Par ailleurs, le plankton, mis à contribution dans la théorie organique de l'origine des pétroles, reste inconnu, et tout se passe comme s'il n'avait laissé d'autre témoin que le produit qui en est dérivé. Notre ignorance, sous ce rapport, tient peut-être à ce que tout l'effort des chercheurs porte naturellement sur les roches-magasins, à l'exclusion des roches-mères.

Quoi qu'il en soit, l'étude de l'imprégnation hydrocarburée des phosphates du Nord de l'Afrique me paraît ouvrir un nouvel horizon dans le domaine si vaste et si complexe de l'origine des hydrocarbures liquides, en milieu sédimentaire.

BIOLOGIE AGRICOLE. — *La production du Blé au Pérou en* 1932 *et* 1934. Note de M. **Julien Costantin**.

D'après les statistiques officielles (¹) la production totale du Blé au Pérou est tombée de 84837533^{kg}, en 1932, à 72768371^{kg} en 1933 et 47865040^{kg} en 1934. La situation est devenue plus grave en 1935, car le rendement aurait encore diminué de 25 pour 100 (résultat non encore publié).

(¹) Estadistica de la produccion del Trigo (*Triticum*) en el Peru correspondiente a 1932 (publiée en 1933) a 1934 (publiée en 1935 mais non distribuée à cause du déficit) (*Ministerio de Fomento. Direccion de Agricultura y Ganaderia*, 1933 et 1935 Lima).

La cause de cette régression est « *l'attaque de la Rouille qui s'est généralisée* dans tous les districts producteurs de Blé » (Pedro G. Urena, chef de la statistique agricole, 25 mai 1935). On me signale que dans le district de Huanec (département de Lima) la récolte a été nulle en 1935 ([1]). Ces faits malheureux sont cependant très instructifs.

Depuis 1920, la production totale était passée de 64143873^{kg} à 123145000^{kg} en 1930 (maximum). 17 départements sur 22 y ont contribué. La culture du Blé n'est d'ailleurs pas nouvelle au Pérou, car cette graminée a été déjà semée par les conquistadors espagnols.

Pratiquement c'est dans les Andes que se font les cultures de ces céréales à des altitudes assez fortes, variant entre 1000^{m} et 3500^{m}. En 1932, le district de Parcoy (département de Libertad) a produit 955^{kg} à l'hectare à une altitude de 1121^{m} (chiffre procuré par M. Chabanier). Dans la région de Tarma, le Blé fructifie parfois à 4000^{m}. Dans le district de Huanec à 3500^{m}, on a fait des récoltes assez notables « six années de suite et sans engrais ». La taille des plantes est souvent remarquable : près de Pachacayo (3565^{m} d'altitude) « la tête d'un cheval était à peine visible » (*fig.* 1) ([2]). Néanmoins il faut reconnaître que si les Blés de Huanec sont hauts, leur « rendement est bas » : l'altitude est manifestement trop forte.

Le Tableau I qui suit donne le classement des huit premiers départements producteurs de Blé en 1932 et 1934. On voit que ces deux listes accusent des différences notables :

TABLEAU I.

1932.	Production totale.	Surfaces cultivées.	1934.	Production totale.	Surfaces cultivées.
	kg	ha		kg	ha
1. Junin.......	16 692 744	17 524	1. Junin.......	8 423 368	17 339
2. Huacavelica.	16 445 696	14 942	2. Arequipa....	6 827 077	2 699
3. Ancash.....	12 162 829	23 251	3. Ancash......	6 661 906	18 247
4. Cajamarca...	8 888 005	11 872	4. Huacavelica..	6 365 997	15 699
5. Ayacucho...	6 895 096	8 906	5. Libertad....	4 352 455	12 720
6. Libertad....	6 863 679	8 219	6. Cuzco.......	3 491 470	11 426
7. Arequipa....	5 299 291	2 995	7. Cajamarca...	2 838 664	9 374
8. Huanuco....	3 601 081	4 363	8. Ayacucho...	2 706 855	5 990

Si l'on tient compte des surfaces cultivées, la place occupée en 1934 (dans le Tableau I) par le département d'Arequipa est surprenante : seul

([1]) Dans ce district de Huanec : en 1932, on avait récolté 141768^{kg} de Blé (et à l'hectare 771^{kg}); en 1934, seulement 17388^{kg} (et à l'hectare 511^{kg}).

([2]) J. COSTANTIN, *La Nature*, n° 2924, 1er mars 1934, p. 194 (20 figures dans le texte).

avec Cuzco (en 1932, 1515936^{kg} sur 16405 hectares) ils ont *progressé;* dans tous les autres départements, il y a eu *régression.*

Envisage-t-on, d'autre part, la *production à l'hectare* (en kilogrammes), on a les classements suivants :

TABLEAU II.

1932.		1934.	
1. Arequipa	1769	1. Arequipa	2528
2. Huacevelica	1107	2. Lima	631
3. Junin	953	3. Huanuco	500
4. Libertad	835	4. Junin	486
5. Huanuco	827	5. Ayacucho	452
6. Ayacucho	774	6. Huacevelica	406
7. Cajamarca	749	7. Piura	401
8. Lima	761	8. Ancash	365

Le *département d'Arequipa est en tête*, en 1932; *il reste le premier hors pair*, *en* 1934 *année de Rouille :* son rendement à l'hectare accuse *une hausse forte et inattendue.*

Cette dernière constatation m'amène à examiner dans le détail le *département d'Arequipa.*

En **1932**, il y a eu 19 districts à rendements supérieurs à 2000^{kg} à l'hectare : variant de Miraflores 3385^{kg} à Huanca 2075^{kg}.

En **1934**, il y a eu encore 19 districts de Yanahuara à 3992^{kg} à Cocachacra 2103^{kg}.

Ces rendements sont remarquables car on ne paraît pas avoir employé de variétés sélectionnées. Avant 1914, on récoltait en moyenne en France de 1904 à 1913, 1352^{kg} (1).

Toutes ces remarques contribuent à donner au chiffre de 2528^{kg} à l'hectare pour le département d'Arequipa un caractère assez inexpliqué.

Comme hypothèse de travail, j'émets l'opinion que l'*altitude a pu jouer un rôle prépondérant.*

Il est certain qu'aux très hautes altitudes de 3500 et 4000^{m} le rendement devient insignifiant. Au-dessous d'une altitude à bien préciser, la culture est impossible en terre tropicale : cela se comprend aisément, le Blé étant une plante de pays froid.

Il est donc assez vraisemblable qu'il doit y avoir une *altitude optimale* (comme celle que l'on connaît pour la Pomme de terre). Il n'est pas douteux que dans les Alpes l'altitude optimale est très différente de celle des Andes.

---

(1) E. TISSERAND, *Agriculture, moyens d'intensifier sa production* (*Ministère de l'Agriculture et du ravitaillement,* p. 46, publié après la guerre).

J'ai pu me procurer des altitudes certaines de plusieurs des districts cités sur le Tableau III dans le département d'Arequipa ([1]), les voici :

TABLEAU III.

Miraflores	2450^m* ([1])	Sabaudia	2500^m*
Yanahuara	2450*	Sachaca	2250*
Posci	3000	Socabaya	2500*
Quepuenâ	2510*	Tiabaya	2500
Caima	2451*	Uchamayo	1500^m à 2000
Characato	2500*		

* Chiffres donnés par M. de Martonne.

Il n'a été fait aucune expérience précise au Pérou pour fixer l'optimum s'il existe, mais il paraît assez probable que 2450 à 2500^m doit s'en rapprocher pour ce département.

Ceci n'exclut pas l'action des gelées, très importante et d'autres facteurs. On a eu tort, il me semble, de ne pas distribuer la statistique de 1934 à cause du déficit. Les faits signalés dans le département d'Arequipa méritaient d'être connus.

1° Il ne faut pas cultiver le Blé peut-être au-dessous de 2000^m.

2° Il faut arracher les *Berberis* ([1]) qui sont abondants dans les Andes et sont des foyers de Rouille.

3° Il faut employer des variétés sélectionnées adaptées aux Andes.

Je rappelle qu'avant 1929 M. Abbott a cherché à introduire au Pérou une des meilleures variétés des États-Unis portant le nom de *Hope*. Elle a une juste renommée dans l'Amérique du Nord, car elle y présente une résistance à peu près complète à la Rouille noire (*Puccinia graminis* var. *Tritici*). Or ses essais ([2]), ont montré qu'elle s'y contaminait complètement au Pérou. M. Victor Marie (*Ministerio de Foments. Direccion de Agricultura y Ganadaria*, Circular n° 30, juin 1935) a affirmé que le *Puccinia glumarum* s'observait de préférence dans la Sierra (Andes), tandis que le *Puccinia graminis* var. *Tritici* sévissait spécialement sur la Costa (Côte du Pacifique); mais c'est certainement le stem rust (Rouille noire) qui a attaqué *Hope* vers 1929, dans les Andes péruviennes. M. Abbott le dit expressément : ce Champignon produit ses écidies sur les *Berberis* de la montagne.

([1]) On sait qu'il existe plusieurs espèces de *Berberis* dans les Andes péruviennes et aussi dans la République de l'Équateur. Ils devraient être arrachés comme aux États-Unis (20 millions d'arbustes extirpés de 1916 à 1922) et au Canada.

([2]) E. V. ABBOTT, *Phytopathology*, **19**, 1929, p. 1041-1043; **20**, 1930, p. 143; **21**, 1931, p. 1061-1071.

M. **Élie Cartan** rend compte des fêtes du troisième *Centenaire de l'Université Harvard*, où il avait l'honneur de représenter l'Académie des Sciences en même temps que M. Birkhoff, professeur à l'Université Harvard, Correspondant de l'Académie pour la Section de Géométrie.

Les fêtes ont eu lieu les 16, 17 et 18 septembre; c'est le 16 qu'a eu lieu la réception des délégués par le Président de l'Université. La France avait envoyé une quinzaine de délégués, qui ont reçu un accueil particulièrement cordial: c'est un Français, le représentant de l'Université de Paris, qui se trouvait être en même temps celui de l'Académie des Sciences, qui a été chargé de l'honneur de répondre au discours de bienvenue du Président au nom de tous les délégués étrangers. La cérémonie la plus imposante a eu lieu le 18 septembre dans un théâtre en plein air pouvant contenir 15000 spectateurs; c'est au cours de cette cérémonie, à laquelle assistaient le président Roosevelt et de nombreux ambassadeurs, parmi lesquels l'ambassadeur de France, que les degrés honoraires ont été conférés à soixante-deux savants étrangers ou américains invités à participer à une *Conférence des Arts et Sciences*, qui s'est tenue du 31 août au 11 septembre et par laquelle l'Université Harvard a tenu à montrer le prix qu'elle attache à la collaboration internationale des hommes de science.

En présentant le livre de M. Joseph Pérès, *Cours de Mécanique des Fluides*, M. **Henri Villat** s'exprime en ces termes :

Je dépose sur le Bureau de l'Académie un Ouvrage de M. J. Pérès, Professeur à la Faculté des Sciences de Paris, dont j'ai écrit la *Préface*. L'objet principal de ces Leçons sur la Mécanique des Fluides, est l'explication rationnelle de la résistance des fluides, et notamment la théorie de l'aile portante. L'auteur y a parfaitement bien réussi. Le lecteur trouvera dans ces pages un exposé clair, précis et de grande élégance : M. Pérès a su introduire partout de nombreux perfectionnements et des simplifications essentielles. Ce volume, édité chez Gauthier-Villars, rendra donc de grands services, et je suis heureux de dire ici tout le bien que je pense de son auteur, ainsi que de son collaborateur M. L. Malavard, dans la rédaction de l'Ouvrage.

M. **Maurice d'Ocagne** fait hommage à l'Académie d'une brochure intitulée *Vingt-cinq ans d'enseignement de la Géométrie à l'École Polytechnique*.

M. **Vito Volterra** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage intitulé *Théorie générale des fonctionnelles*. Tome premier. *Généralités sur les fonctionnelles. Théorie des équations intégrales*, en collaboration avec M. Joseph Pérès et dont il a écrit la *Préface*.

ÉLECTIONS.

Par la majorité absolue des suffrages, M. **Robert Bourgeois** est élu membre de la deuxième Commission (Sciences humaines, y compris l'Atlas de France) du Comité des subventions pour publications savantes de la *Caisse nationale de la recherche scientifique*.

Par la majorité absolue des suffrages, M. **Louis Bouvier** est élu, pour la Division des Sciences physiques, membre du Conseil de la *Fondation Loutreuil*, en remplacement de M. *H. Le Chatelier* décédé.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Les Volumes I à VI de la publication de l'*Institut belge de recherches radioscientifiques*.

2° Paul Lemoine. *Mon œuvre au Museum national d'histoire naturelle pendant cinq ans de direction* (1932-1936).

GÉOMÉTRIE. — *Inégalités quadratiques entre les volumes mixtes des corps convexes*. Note [1] de M. **Werner Fenchel**, transmise par M. Gaston Julia.

Considérons dans l'espace à n dimensions n corps convexes $C_1, C_2, \ldots, C_n$. Le volume de la combinaison linéaire $\lambda_1 C_1 + \ldots + \lambda_n C_n$ à paramètres λ_ν

(1) Séance du 5 octobre 1936.

non négatifs est un polynome homogène de degré n par rapport aux λ_ν

$$(1) \qquad \sum_{\nu_1=1}^{n}\sum_{\nu_2=1}^{n}\cdots\sum_{\nu_n=1}^{n}\lambda_{\nu_1}\lambda_{\nu_2}\ldots\lambda_{\nu_n}V_{\nu_1\nu_2\ldots\nu_n},$$

les coefficients étant uniquement fixés par la condition d'être symétriques par rapport aux indices. $V_{12\ldots n}=V(C_1, C_2, \ldots, C_n)$ s'appelle d'après Minkowski le volume mixte des corps ([1]). Les inégalités de Minkowski entre volumes mixtes sont des conséquences presque immédiates du théorème de Brunn, d'après lequel la racine $n^{\text{ième}}$ du polynome (1) est une fonction concave par rapport aux λ_ν. Cependant on a beaucoup de raisons de présumer que ce ne sont pas toutes les inégalités entre les volumes mixtes que l'on peut obtenir de cette manière; en particulier on a supposé la validité de l'inégalité

$$V_{123\ldots n}^2 \geqq V_{113\ldots n}V_{223\ldots n}$$

que l'on n'a pas réussi à déduire ni du théorème de Brunn ni de son amélioration due à Bonnesen ([2]). C'est la démonstration de cette inégalité qui fait l'objet de la Note présente.

Il n'est pas difficile de voir que l'on peut approcher simultanément les corps $C_1, C_2, \ldots, C_n$ par des polyèdres convexes $C'_1, C'_2, \ldots, C'_n$ de sorte que ces polyèdres et tous ceux de la série engendrée par eux ont les mêmes directions normales de faces, données par des vecteurs unité $\xi_1, \xi_2, \ldots, \xi_N$.

On a alors, pour un corps convexe C quelconque ([3]),

$$(2) \qquad V(C, C'_2, C'_3, \ldots, C'_n)=\frac{1}{n}\sum_{\nu=1}^{N}H(\xi_\nu)v_\nu,$$

où $H(\xi)$ désigne la fonction d'appui de C et v_ν l'aire mixte [ou bien le volume mixte $(n-1)$ dimensionnel] des faces à direction normale ξ_ν des polyèdres $C'_2, C'_3, \ldots, C'_n$. On peut supposer de plus que les ξ_ν sont linéairement indépendants n à n et que la plus grande δ des distances sphériques minimales d'une direction ξ_ν aux autres est arbitrairement petite.

En remplaçant les corps C_1 et C_2 par des corps homothétiques conve-

---

([1]) Pour les propriétés des volumes mixtes appliquées ici cf. T. Bonnesen et W. Fenchel, *Ergebn. der Mathematik*, 3, 1, Berlin, 1934, p. 38-43.

([2]) Cf. J. Favard, *Journal de Mathématiques*, 9e série, 12, 1933, p. 256 et, pour des cas particuliers, le livre cité, p. 92.

([3]) Cf. Bonnesen et Fenchel, *loc. cit.*, p. 42.

nables, on voit donc qu'il suffit de démontrer la proposition suivante : les polyèdres $C'_2, C'_3, \ldots, C'_n$ étant choisis de la manière indiquée et de sorte que

$$V(C'_2, C'_2, C'_3, \ldots, C'_n) = 1,$$

on a, avec un nombre k dépendant seulement des corps donnés $C_2, \ldots, C_n$,

$$(3) \qquad \mu = \min V(C'_1, C'_2, \ldots, C'_n) \geqq 1 - k\delta$$

pour tous les polyèdres C'_1 dont les directions normales des faces sont des ξ_ν et qui satisfont à l'inégalité

$$(4) \qquad V(C'_1, C'_1, C'_3, \ldots, C'_n) \geqq 1.$$

Tout polyèdre C'_1 à considérer contenant l'origine est la partie commune de N demi-espaces contenant l'origine dont les plans frontières ont les directions normales ξ_ν, et inversement. Si l'on désigne par $p_1, p_2, \ldots, p_N$ les distances de l'origine aux plans frontières et par $H(\xi)$ la fonction d'appui de C'_1, on a $p_\nu \geqq H(\xi_\nu)$ et l'on peut remplacer les p_ν par les valeurs $H(\xi_\nu)$ sans modifier le polyèdre.

Considérons maintenant l'espace à N dimensions des p_ν. A chaque point de sa partie $p_1 \geqq 0, p_2 \geqq 0, \ldots, p_N \geqq 0$ il correspond de la manière mentionnée un polyèdre C'_1. L'inégalité (4) y définit un domaine fermé D où la fonction $1/n\Sigma p_\nu v_\nu$ linéaire par rapport aux p_ν possède un minimum $\overline{\mu}$, parce que les v_ν sont positifs. Soient $\overline{p}_\nu$ un point de D pour lequel ce minimum est atteint et $\overline{C}'_1$ le polyèdre correspondant, alors les p_ν sont les valeurs de la fonction d'appui de $\overline{C}'_1$ pour les directions ξ_ν; car autrement on pourrait diminuer la fonction linéaire en remplaçant les p_ν par ces valeurs. De là et de (2) il résulte que $\overline{\mu} = \mu$ et que

$$(5) \qquad \frac{1}{n}\sum \overline{p}_\nu v_\nu = V(\overline{C'_1}, C'_2, \ldots, C'_n) = \mu.$$

On voit facilement que le plan $1/n\Sigma p_\nu v_\nu = \mu$ est un plan d'appui du domaine D passant par $\overline{p}_\nu$. Moyennant la supposition faite ci-dessus sur l'indépendance linéaire des ξ_ν on peut démontrer que ce plan est aussi un plan tangent de D. Il résulte de là que tous les points suffisamment voisins de $\overline{p}_\nu$ du segment $(1-\vartheta)\overline{p}_\nu + \vartheta q_\nu$, $0 \leqq \vartheta \leqq 1$, joignant un point intérieur q_ν de D et le point $\overline{p}_\nu$, appartiennent à D. En particulier on peut choisir pour q_ν le point correspondant au polyèdre $\lambda C'_2$ avec $\lambda > 1$ arbi-

traire, en ce sens que les q_ν sont les valeurs de sa fonction d'appui pour les directions ξ_ν. Cela veut dire que l'inégalité

$$V[C'(\vartheta), C'(\vartheta), C'_3, \ldots, C'_n] \geqq 1,$$

où $C'(\vartheta)$ désigne le polyèdre correspondant au point $(1-\vartheta)\overline{p}_\nu + \vartheta q_\nu$, est valable pour $\lambda > 1$ et $\vartheta > 0$ suffisamment petit. A l'aide de cette inégalité on peut démontrer que

$$V[(1-\vartheta)\overline{C'_1} + \vartheta\lambda C'_2, (1-\vartheta)\overline{C'_1} + \vartheta\lambda C'_2, C'_3, \ldots, C'_n] \geqq 1 - l\delta\vartheta,$$

l dépendant seulement des corps $C_2, C_3, \ldots, C_n$. Si l'on prend en considération l'équation (5) et le fait que le signe d'égalité a lieu dans (4) pour $C'_1 = \overline{C'_1}$, on en déduit l'inégalité (3) par un calcul simple et par les passages à la limite $\lambda \to 1$ et $\vartheta \to 0$.

Un exposé détaillé paraîtra dans un autre Recueil.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'orthogonalité des fonctions fondamentales de l'interpolation de Lagrange.* Note ([1]) de M. **Ervin Feldheim**, transmise par M. Hadamard.

La formule classique d'interpolation de Lagrange

(1) $$L_n(x) = y_1 l_1(x) + y_2 l_2(x) + \ldots + y_n l_n(x)$$

représente la fonction entière unique, de degré $\leqq n-1$, qui prend les valeurs données $y_1, y_2, \ldots, y_n$ respectivement aux points d'abscisses toutes différentes $x_1, x_2, \ldots, x_n$, appelés *points fondamentaux* de l'interpolation. Les polynomes de degré $n-1$,

$$l_k(x) = \frac{\omega_n(x)}{\omega'_n(x_k)(x-x_k)} \qquad (k = 1, 2, \ldots, n),$$

sont dits *fonctions fondamentales*. [On désigne par $\omega_n(x)$ le polynome dont les n zéros sont $x_1, x_2, \ldots, x_n$.]

Traitons le cas où $\omega_n(x)$ est le $n^{\text{ième}}$ polynome de Tchebychef.

$$\omega_n(x) = T_n(x) = \cos n\theta \qquad \text{avec} \quad x = \cos\theta \qquad (-1 \leqq x \leqq 1).$$

Les points fondamentaux sont

$$x_k = \cos\theta_k = \cos(2k-1)\pi/2n \qquad (k = 1, 2, \ldots, n),$$

([1]) Séance du 18 août 1936.

On connaît le développement [1]

$$l_k(\cos\theta) = \frac{1}{n} + \frac{2}{n}\sum_{r=1}^{n-1} \cos r\theta_k \cos r\theta \qquad (k = 1, 2, \ldots, n).$$

Nous avons tiré de cette relation que

$$(2) \qquad l_i l_k = \frac{1}{n^2}(-1)^{i+k} \sum_{r=2}^{2n-2} C_r^{(i,k)} \cos r\theta \qquad \text{si} \quad i \neq k,$$

$$C_r^{(i,k)} = (\sin r\theta_k \sin\theta_i - \sin r\theta_i \sin\theta_k)/(\cos\theta_k - \cos\theta_i),$$

et

$$(3) \qquad l_i^2 = \frac{1}{n} + \frac{2}{n}\sum_{r=1}^{2n-2} \cos r\theta_i \cos r\theta + \frac{1}{n^2}\sum_{r=2}^{2n-2} C_r^{(i,i)} \cos r\theta,$$

$$C_r^{(i,i)} = (\sin r\theta_i \cos\theta_i - r\cos r\theta_i \sin\theta_i)/(\sin\theta_i).$$

Le développement (3) permet de prouver que

$$(4) \qquad \sum_{i=1}^{n} l_i^2(x) = 1 - 1/2n + \sin(2n-1)\theta/2n\sin\theta \qquad (x = \cos\theta).$$

En rappelant que $\sum_{i=1}^{n} l_i(x) \equiv 1$, on déduit de (4) [ou aussi de (2)] que

$$\sum\sum_{k>i} l_i l_k = \frac{1}{4n}\left[1 - \frac{\sin(2n-1)\theta}{\sin\theta}\right];$$

d'où

$$(5) \qquad \left|\sum\sum_{k>i} l_i(x)\, l_k(x)\right| < \frac{1}{2}.$$

On voit sur le développement (3) que

$$\int_{-1}^{+1} l_i(x)\, l_k(x) \frac{dx}{\sqrt{1-x^2}} = 0 \qquad \text{pour} \quad i \neq k.$$

En général, on a le

Théorème. — *Pour les abscisses de Tchebychef, on a*

$$(6) \qquad \int_{-1}^{+1} l_{i_1} l_{i_2} \ldots l_{i_{2k}}(x) \frac{dx}{\sqrt{1-x^2}} = 0,$$

$i_1, i_2, \ldots, i_{2k}$ *désignant* $2k$ *indices différents compris entre* 1 *et* n.

---

[1] L. Fejér, *Math. Zeitschrift*, 37, II, 1933, p. 287-309.

Démonstration. — Écrivons que

$$l_{i_1} l_{i_2} \ldots l_{i_{2k}} = C \frac{T_n^{2k}(x)}{(x - x_{i_1})(x - x_{i_2}) \ldots (x - x_{i_{2k}})} = C(x - x_{j_1})(x - x_{j_2}) \ldots (x - x_{j_{n-2k}}) T_n^{2k-1}(x),$$

où $x_{j_1}, x_{j_2}, \ldots, x_{j_{n-2k}}$ sont les $n - 2k$ points fondamentaux restants. Or,

$$T_n^{2k-1}(x) = \cos^{2k-1} n\theta = a_1 \cos(2k - 1)n\theta + a_2 \cos(2k - 3)n\theta + \ldots + a_{2k-1} \cos n\theta,$$

$$(x - x_{j_1})(x - x_{j_2}) \ldots (x - x_{j_{n-2k}}) = b_0 \cos(n - 2k)\theta + \ldots + b_{n-2k-1} \cos\theta + b_{n-2k}.$$

Il n'y a pas de termes de ces deux polynomes où l'argument soit le même, donc l'intégrale de leur produit, prise entre o et π, est bien nulle; d'où (6).

Cette *orthogonalité d'ordre pair* des fonctions fondamentales sera vraie pour tout polynome orthogonal qui vérifie la relation

$$(7) \qquad \omega_n^{2k-1}(x) = \alpha_1 \omega_{n-2k+1}(x) + \alpha_2 \omega_{n-2k-2}(x) + \ldots + \alpha_{2k(n-1)-2n} \omega_{n(2k-1)}(x).$$

Pour le moment, nous ne connaissons pas d'autres polynomes que celui de Tchebychef qui vérifient (7).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la compacité dans les classes de fonctions quasi analytiques* (D). Note de M. **Paul Flamant**, présentée par M. Gaston Julia.

1. Dans ma première étude sur ce sujet [1], les fonctions intervenaient toujours linéairement. J'ai pu aller plus loin en supposant la classe quasi analytique donnée par une suite $\{A_n\}$ *telle que* $\{nA_{n-1}/A_n\}$ *ne croisse pas.* La norme d'un produit de deux facteurs satisfait aux inégalités (k coefficient arbitraire > 1; l'indice indique le type auquel la norme est relative) :

$$\|\varphi\psi\|_{ks} \leqq \frac{A_0 k}{k - 1} \|\varphi\|_{ks} \|\psi\|_s \qquad \text{et} \qquad \|\varphi\psi\|_{ks} \leqq A_0 K(k) \|\varphi\|_s \|\psi\|_s,$$

$K(k)$ est définie par

$$K(k) = \frac{n}{k^{n-1}} \qquad \text{pour} \qquad \frac{n+1}{n} \leqq k \leqq \frac{n}{n-1}.$$

Ces inégalités ne peuvent pas être améliorées pour l'ensemble des classes car, dans la classe analytique, les fonctions $1/(x - a)$ fournissent des

(1) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 1282-1284.

exemples où l'égalité a lieu. $K(k)$ peut être remplacée par $k/(e\log k)$ ou $k/(k-1)$.

L'inégalité déduite des précédentes pour un produit de n facteurs montre que *les produits de n fonctions prises dans une famille compacte constituent une famille compacte du même type.*

La considération des séries entières en φ donne le théorème suivant :

ω étant une fonction entière, lorsque φ varie dans une famille compacte, $\omega(\varphi)$ engendre une famille compacte du même type. ω étant une fonction analytique régulière à l'origine (rayon d'holomorphie R) lorsque φ varie dans une famille compacte du type s où la borne supérieure des $\|\varphi\|_u$ $(u>s)$ est $m(u)$, $\omega(\varphi)$ engendre une famille compacte du type

$$\mathrm{R}\ \underset{m(u)<\frac{\mathrm{R}}{\mathrm{A}_0}}{\text{borne inf.}}\ \frac{u}{\mathrm{R}-\mathrm{A}_0\, m(u)}.$$

Il en résulte que si φ_n tend vers φ, $\omega(\varphi_n)$ tend vers $\omega(\varphi)$ (convergence considérée dans les familles compactes).

2. Cela s'applique à φ^p (p quelconque) et à $\log\varphi$ (φ restant positive) développées par rapport à $\varphi - a$. Le meilleur choix à faire de a et les conséquences à formuler m'ont conduit aux définitions et notations suivantes :

Fonction réduite d'une fonction $\varphi(x)$:

$$\varphi^*(x) = \varphi(x) - \frac{1}{2}(\max\varphi + \min\varphi).$$

Fluctuation d'une fonction φ de signe constant relativement à un type s :

$$\mathrm{fl}(\varphi, s) = 1 + \frac{\mathrm{A}_0\|\varphi^*\|_s}{\min|\varphi|},$$

$$z(\varphi; s, k) = \min|\varphi| - \frac{\mathrm{A}_0\|\varphi^*\|_s}{k-1} = \frac{[k - \mathrm{fl}(\varphi, s)]\min|\varphi|}{k-1} \qquad \text{pour} \quad k > \mathrm{fl}(\varphi, s).$$

La fluctuation et la fonctionnelle z sont continues au point de vue de la norme relative au même type. La fluctuation d'une somme de fonctions de même signe est au plus égale à la plus grande des fluctuations des termes. La fluctuation d'un produit satisfait à l'inégalité

$$\frac{k[\mathrm{fl}(\varphi_1\varphi_2\ldots\varphi_n, ks) - 1]}{k-1} \leqq \prod_{i=1}^{i=n}\left[\mathrm{fl}(\varphi_i, s) + \frac{k[\mathrm{fl}(\varphi_i, s) - 1]}{k-1}\right] - \prod_{i=1}^{i=n}\mathrm{fl}(\varphi_i, s).$$

J'ai établi des inégalités permettant de voir la compacité de certaines

familles, comme

$$(1)\quad \left\| \frac{1}{\varphi^p} \right\|_{ks} \leqq \frac{1}{A_0 z^p(\varphi;\, s,\, k)}, \qquad \left\| \frac{1}{\varphi^p \psi^q} \right\|_{ks} \leqq \frac{1}{A_0 z^p(\varphi;\, s,\, k)\, z^q(\psi;\, s,\, k)} \qquad (p,\, q > 0);$$

$$(2)\quad \begin{cases} \| (\log \varphi)^\star \|_{ks} \leqq \dfrac{k-1}{A_0 k} \log \dfrac{(k-1)\,\mathrm{fl}(\varphi,\, s)}{k - \mathrm{fl}(\varphi,\, s)}, \\ \| \log \varphi \|_{ks} \leqq \dfrac{1}{A_0} \left[\log z(\varphi;\, s,\, k) + \dfrac{2k-1}{k} \log \dfrac{(k-1)\,\mathrm{fl}(\varphi,\, s)}{k - \mathrm{fl}(\varphi,\, s)} \right]. \end{cases}$$

et d'autres relatives à des distances, qui rentrent dans la formule générale suivante : soient $p > -1$, $q > 0$ et

$$\omega(u) = c_1(u-1) + c_2(u-1)^2 + \ldots + c_i(u-1)^i + \ldots,$$

on a

$$\left\| \frac{1}{\varphi^p \psi^p}\, \omega\left(\frac{\psi}{\varphi}\right) \right\|_{ks} \leqq \frac{k \,\| \psi - \varphi \|_s}{(k-1)\, z^{p+1}(\varphi;\, s,\, k)\, z^q(\psi;\, s,\, k)} \sum_{i=0}^{\infty} |c_{i+1}| \left[\frac{A_0 k \,\| \psi - \varphi \|_s}{(k-1)\, z(\varphi;\, s,\, k)} \right]^i.$$

3. A cause de (1), je dis que φ_n tend vers ∞ en norme (s) si, pour un nombre $k > 1$, $z(\varphi;\, s,\, k)$ tend vers $+\infty$, ou si les fluctuations sont bornées supérieurement et si $\min |\varphi_n|$ tend vers $+\infty$. Cette convergence est dite faible ou forte suivant que la limite supérieure des fluctuations pour n infini est supérieure ou égale à 1. L'introduction de la convergence vers ∞ conduit à généraliser la notion de compacité.

Toute famille compacte générale du type s est la réunion de deux familles bornées l'une en norme, l'autre en fluctuation relativement à tout type $> s$ (je les nomme respectivement compactes de première et de deuxième espèce).

Il résulte des inégalités (1) et (2) que *lorsque* φ *varie dans une famille compacte de deuxième espèce du type s, où la borne supérieure des* $\mathrm{fl}(\varphi,\, u)$ ($u > s$) *est* $m(u)$, φ^p (p *fixe*) *ou* $\log \varphi$ *engendre une famille compacte de deuxième espèce de type égal à la borne inférieure de* $um(u)$.

De plus, *si la famille des* φ *est compacte, la famille des* φ^m (*m entier positif*) *est compacte du même type*; *si la famille des* $\varphi^\star$ *est compacte, la famille des* e^φ *est compacte de deuxième espèce du même type.*

Les propriétés des familles compactes générales sont celles des familles compactes de première espèce, avec une modification évidente pour la convergence vers ∞, et l'adjonction de l'hypothèse « convergence faible vers ∞ » aux hypothèses « absence de constante dans la famille et parmi les éléments d'accumulation ».

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les fonctions définies par des séries à coefficients récurrents.* Note (¹) de M. **Paul Montel.**

1. Étant donné une suite infinie de nombres

$$u_0, \quad u_1, \quad \ldots, \quad u_n, \quad \ldots,$$

liés par une relation de récurrence d'ordre p,

$$u_{n+p} = \varphi(n, u_n, u_{n+1}, \ldots, u_{n+p-1}) \qquad (n = 0, 1, \ldots),$$

on sait que l'on appelle fonction génératrice de la suite la fonction analytique $f(z)$ définie par l'élément

$$u_0 + u_1 z + \ldots + u_n z^n + \ldots.$$

Les singularités de la fonction génératrice sont liées à la nature de la fonction φ. Dans les cas étudiés, la connaissance de la fonction φ entraîne la connaissance de tous les points singuliers de la fonction $f(z)$. On se trouve alors dans une de ces circonstances assez rares où la connaissance d'un élément d'une fonction analytique permet de déterminer effectivement cette fonction dans tout son domaine d'existence. C'est ce qu'ont montré, en particulier, les travaux de Fatou et de Lattès (²).

Nous allons voir que cette même circonstance se présente aussi pour d'autres développements en séries, d'ailleurs liés étroitement aux séries de Taylor, en particulier pour les séries de Fourier et les séries de Faber.

2. On peut établir les théorèmes suivants :

Pour que la série trigonométrique

$$u_0 + u_1 \cos x + v_1 \sin x + \ldots + u_n \cos nx + v_n \sin nx + \ldots$$

représente une fraction rationnelle de $\cos x$ *et de* $\sin x$, *il faut et il suffit que les coefficients* u_n *et* v_n *vérifient, à partir d'un certain rang, une même relation de récurrence, linéaire, à coefficients constants, pour laquelle les modules des racines de l'équation caractéristique soient inférieurs à l'unité.*

On peut d'ailleurs remplacer la relation de récurrence unique par un

(¹) Séance du 28 septembre 1936.

(²) P. Fatou, *Annales scientifiques de l'École Normale supérieure*, 3e série, 27, 1910, p. 43-53; S. Lattès, *Annales de la Faculté des Sciences de Toulouse*, 3e série, 3, 1911, p. 73-124.

système de deux relations de récurrence linéaires simultanées à deux variables.

Supposons que u_n et v_n vérifient une relation de récurrence d'ordre p, à coefficients constants,

$$u_{n+p} = \varphi(u_n, u_{n+1}, \ldots, u_{n+p-1}),$$

dans le voisinage d'un point double dont les multiplicateurs ont des modules compris entre 0 et 1, et tels qu'aucun d'eux ne soit égal à un produit de puissances entières non négatives des autres. Dans ce cas : *la série trigonométrique représente la somme d'une série uniformément convergente de fractions rationnelles du premier degré en* $\cos x$ *et* $\sin x$ *dont les dénominateurs sont de la forme* $1-2\lambda\cos x+\lambda^2$, λ *désignant un produit de puissances non négatives des multiplicateurs.*

3. Soit, dans le plan de la variable complexe z, un domaine borné et simplement connexe (D) dont la frontière est formée, pour simplifier, d'un nombre fini d'arcs analytiques et

$$z = g(\zeta),$$

une fonction qui fait la représentation conforme de l'extérieur de (D) sur l'intérieur du cercle-unité $|\zeta|<1$, de manière que $\zeta=0$ corresponde à $z=\infty$. On sait que toute fonction $f(z)$ holomorphe dans l'intérieur de (D) peut être représentée par la somme d'une série de polynomes

$$u_0 + u_1 P_1(z) + \ldots + u_n P_n(z) + \ldots;$$

les coefficients u_n dépendent de la fonction $f(z)$ et les polynomes $P_n(z)$, dits polynomes de Faber, de degré égal à leur indice, ne dépendent que de la forme du domaine et sont définis par la représentation conforme.

On peut démontrer les propositions suivantes :

Pour qu'une série de Faber représente une fraction rationnelle, il faut et il suffit que les coefficients u_n *vérifient, à partir d'un certain rang, une relation de récurrence linéaire à coefficients constants pour laquelle les modules des racines de l'équation caractéristique ne sont pas supérieurs à l'unité.*

Supposons que les coefficients u_n vérifient la relation analytique

$$u_{n+1} = \varphi(u_n).$$

Soit α un point double attractif de cette relation, c'est-à-dire une solution de l'équation

$$\alpha = \varphi(\alpha)$$

pour laquelle le multiplicateur $s = \varphi'(\alpha)$ a un module inférieur à l'unité. Supposons encore que u_n appartienne, à partir d'un certain rang, au domaine attractif de α. Dans ces conditions :

1° *Si* $0 < |s| < 1$, *la série de Faber représente une fonction méromorphe dans tout le plan admettant comme pôles les points d'affixes* $g(s^m)$ $(m = 0, 1, \ldots)$. *Cette fonction, d'ordre* 0, *est le quotient de deux fonctions entières dont la croissance est limitée par* $e^{C(\log r)^2}$, C *désignant une constante et* r *le module de* z. *Cette fonction peut être représentée par une somme infinie d'éléments simples de la forme* $A/[z - g(s^m)]$, A *désignant une constante.*

2° *Si* $s = 0$, *la série représente une fonction entière de genre nul.*

3° *Si* $|s| = 1$, $s = e^{i\theta}$, *la série représente une fonction holomorphe dans le domaine* (D) *dont la frontière est en général une coupure essentielle lorsque le rapport* θ/π *est incommensurable.*

On a des résultats semblables lorsque α appartient à un cycle attractif.

Enfin, lorsque la relation de récurrence est toujours analytique et à coefficients constants, mais d'ordre $p > 1$, on obtient des conclusions analogues. L'ordre de croissance des fonctions entières dont le quotient définit la fonction méromorphe est alors limité par une expression de la forme $e^{C(\log r)^{p+1}}$ et le nombre s^m doit être remplacé par les produits des puissances entières, positives ou nulles, des différents multiplicateurs.

BALISTIQUE. — *Sur le mouvement pendulaire du projectile* (¹).
Note (²) de M. **Kyrille Popoff**, présentée par M. Ernest Esclangon.

M. E. Esclangon (³) a étudié l'effet des forces des frottements latéraux sur le mouvement des projectiles autour de leur centre de gravité, en considérant comme presque constante la vitesse angulaire du projectile autour de son axe géométrique. Les résultats de M. Esclangon peuvent être généralisés dans des différentes directions, en remarquant que les simplifications introduites par lui pour résoudre les équations différentielles du mouvement reviennent à admettre que le moment cinétique $\vec{\Gamma}$ du projectile dans son mouvement autour du centre de gravité est porté par l'axe du projectile et est de longueur $\Gamma = A\Omega$, A étant le mouvement d'inertie axiale du projectile et Ω sa vitesse angulaire.

(¹) Voir *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 295-297 et 359-362.
(²) Séance du 5 octobre 1936.
(³) *Mémorial de l'Artillerie française*, 6, 1927, p. 701-794.

En admettant que la trajectoire du centre de gravité G du projectile est une courbe plane, en adoptant comme axes de référence la tangente Gz de cette trajectoire, la normale principale Gy et la binormale Gx, et en désignant par δ l'écart de l'axe du projectile de la tangente à la trajectoire et par ψ l'angle que fait le plan de résistance avec le plan de la trajectoire, ψ compté à partir de cette partie du plan de la trajectoire qui contient le zénith, on a, pour les composantes du moment de la résistance de l'air par rapport au centre de gravité G, les expressions

$$\mu_x = \mu \cos\psi, \qquad \mu_y = \mu \sin\psi, \qquad \mu_z = 0 \quad \text{avec} \quad \mu = m\mathrm{R} f l \sin\delta,$$

où f est une constante, $m\mathrm{R}$ la force qui agit au centre de poussée, qui est à une distance l du centre de gravité.

Si l'on désigne par x, y, z les coordonnées du point de l'axe du projectile qui est à la distance *un* du centre de gravité et en tenant compte de l'expression de μ on obtient

$$\mu_x = -m\mathrm{R} f l y, \qquad \mu_y = m\mathrm{R} f l x, \qquad \mu_z = 0.$$

Les projections de $\vec{\Gamma}$ sur nos axes de référence ont pour expressions :

$$\Gamma_x = x\Gamma, \qquad \Gamma_y = y\Gamma, \qquad \Gamma_z = z\Gamma.$$

Les projections sur les axes du moment, par rapport à G, des frottements latéraux, considérées par M. Esclangon sont ici

$$\mathrm{L} = -k\Omega\alpha xz - k\Omega\varepsilon x, \qquad \mathrm{M} = -k\Omega\alpha yz - k\Omega\varepsilon y, \qquad \mathrm{N} = +k\Omega\alpha - k\Omega\alpha z^2 - k\Omega\varepsilon z,$$

où k est une constante et α et $\varepsilon > 0$ sont des fonctions dépendant de $\mathrm{R}(0)$.

De même les projections, sur les axes, du moment des forces s'opposant aux changements d'orientation de l'axe du projectile et provenant de la résistance de l'air, ont les expressions suivantes :

$$\mathrm{L}_1 = +\nu \frac{\delta'}{\sqrt{1-z^2}} y + \nu\psi' xz, \qquad \mathrm{M}_1 = -\nu \frac{\delta'}{\sqrt{1-z^2}} x + \nu\psi' yz, \qquad \mathrm{N}_1 = -\nu\psi' + \nu\psi' z^2.$$

Avec ces forces et leurs moments, les équations différentielles du mouvement pendulaire du projectile peuvent s'écrire, en tenant compte de ce que les composantes de la vitesse angulaire de notre trièdre de référence suivant nos axes sont 0, 0, τ', sous la forme

$$\frac{d\Gamma_x}{dt} = \mu_x + \mathrm{L} + \mathrm{L}_1, \qquad \frac{d\Gamma_y}{dt} - \tau'\Gamma_z = \mu_y + \mathrm{M} + \mathrm{M}_1, \qquad \frac{d\Gamma_z}{dt} + \tau'\Gamma_y = \mu_z + \mathrm{N} + \mathrm{N}_1,$$

où τ est l'angle que fait la tangente de la trajectoire avec l'horizon.

En multipliant ces équations par x, y, z respectivement, en tenant compte de ce que $d\Gamma/dt = \mathrm{A}\,d\Omega/dt$ et de ce que $x^2+y^2+z^2=1$, on obtient tout d'abord

$$\frac{d\Omega}{\Omega} = -\frac{\mathrm{K}\varepsilon}{\mathrm{A}}, \qquad \Omega = \Omega_0 e^{-\int_0^t \frac{\mathrm{K}\varepsilon}{\mathrm{A}} dt}.$$

Avec cette valeur de Ω, nos équations deviennent, sans avoir fait d'autres hypothèses et simplification,

$$\frac{dx}{dt} = +\left(-\frac{k\alpha}{\Omega} + \frac{\nu\psi'}{\mathrm{A}\Omega}\right)zx - \left(a\mathrm{R} - \frac{\nu\delta'}{\mathrm{A}\Omega\sqrt{1-z^2}}\right)y,$$

$$\frac{dy}{dt} = \left(a\mathrm{R} - \frac{\nu\delta'}{\mathrm{A}\Omega\sqrt{1-z^2}}\right)x + \left(-\frac{k\alpha}{\mathrm{A}} + \frac{\nu\psi'}{\mathrm{A}\Omega}\right)zy + \tau' z,$$

$$\frac{dz}{dt} = -\left(-\frac{k\alpha}{\mathrm{A}} + \frac{\nu\psi'}{\mathrm{A}\Omega}\right) + \left(-\frac{k\alpha}{\mathrm{A}} + \frac{\nu\psi'}{\mathrm{A}\Omega}\right)zz - \tau' y$$

avec

$$a = \frac{mlf}{\mathrm{A}\Omega}.$$

OPTIQUE APPLIQUÉE. — *Application à la microspectroscopie de la méthode du prisme objectif astronomique.* Note de MM. **Michel Duffieux** et **Léon Grillet**, présentée par M. Charles Fabry.

Plusieurs naturalistes nous ayant demandé comment obtenir *in situ* les spectres d'absorption de particules colorées (éléments cytologiques, microcristaux) nous leur avons proposé le procédé suivant, qui, au moins dans les cas très élémentaires où nous avons pu l'essayer, nous a donné d'excellents résultats. Le dispositif en est si simple que nous avons de la peine à le croire entièrement inédit, quoique jusqu'ici nous ne l'ayons trouvé décrit nulle part.

Le microscope, placé horizontalement, projette à une distance de quelques mètres une image de la préparation. Le cercle oculaire est pris comme étoile artificielle et son spectre est photographié par la méthode du prisme objectif à travers un diaphragme découpé dans l'image de l'élément microscopique dont on veut analyser la coloration. Nous avons obtenu des résultats convenables, sans matériel spécial, dans les conditions suivantes :

Le microscope est éclairé par un arc au charbon dont la lumière est filtrée par un verre AKLO plongé dans une cuve d'eau épaisse. L'image de la préparation est projetée à $3^{\mathrm{m}},5$. L'écran de projection est percé d'un

trou de $3^{mm},5$ sur lequel se forme l'image de l'élément étudié. Derrière le diaphragme sont placés : un prisme à vision directe, puis une lentille cylindrique dont l'axe est parallèle à l'arête du prisme. Nos spectres ont 20^{mm}, du rouge à la limite de transparence du système optique. Sans préparation interposée, une pose inférieure à la minute donne un noircissement normal. Des poses inférieures à 5 minutes nous ont donné les spectres classiques de l'hémoglobine (globules sanguins) et de la chlorophylle (filament d'algue du genre *Cladophora*).

Étant donné le système optique, il faut s'attendre à un pouvoir de résolution assez faible : l'ouverture numérique de l'objectif spectrographique est nécessairement petite et le diamètre apparent de l'étoile artificielle n'est pas négligeable. Soient

ρ, le diamètre du cercle oculaire;
a, la largeur du diaphragme de l'objectif;
D, la distance de projection;

ρ et a mesurés en millimètres, D mesuré en mètres. La largeur croît avec le diamètre apparent du cercle oculaire ($\rho/D\ 10^{-3}$) et avec la largeur angulaire de la frange de diffraction à l'infini donnée par le diaphragme ($2\lambda/a$). Pour la radiation $\lambda = 0,5\ \mu$ les causes d'élargissement ont même importance quand ρ, a et D satisfont à la relation

$$a\rho = D.$$

Cette condition est à peu près réalisée dans le montage décrit, le cercle oculaire ayant un diamètre voisin du millimètre. Le calcul nous faisait prévoir des largeurs de raie un peu supérieures à 100^{μ}. En substituant à l'arc au charbon un arc à mercure, nous avons pu constater que seules les raies surexposées atteignaient cette largeur, l'intensité étant fortement concentrée dans l'axe des raies. Pour un diaphragme supérieur à la valeur critique de a, c'est le diamètre apparent du cercle oculaire qui est le plus important; pour les valeurs inférieures, c'est la diffraction qui est prépondérante. Cette valeur critique de a diffère peu du diamètre de la tache de diffraction donnée par la projection comme image d'un point brillant de la préparation. Par suite de cette coïncidence nous espérons qu'avec un matériel de projection convenable notre méthode permettra d'obtenir les spectres des plus petits éléments.

Dans les conditions que nous avons décrites le pouvoir de résolution était encore parfaitement suffisant pour identifier des spectres d'absorption

à bandes larges. Il nous eût été facile de l'augmenter même en conservant les éléments du système optique : il suffisait d'augmenter la distance D de projection. Il est facile de voir que le pouvoir de résolution est proportionnel à D. En conservant la même valeur de D, mais en substituant un microscope de grossissement plus fort, le résultat serait à peu près le même par suite de la réduction du cercle oculaire. Le pouvoir de résolution est dans tous les cas sensiblement proportionnel au grandissement de la projection. Avec l'objectif cylindrique les temps de pose restent aussi proportionnels au pouvoir de résolution.

L'emploi de l'objectif cylindrique nous paraît présenter plusieurs avantages. Il permet d'obtenir à partir de l'étoile artificielle un spectre non filiforme : la hauteur des raies est pratiquement égale à celle du diaphragme mesurée parallèlement à leur direction. D'un autre côté il facilite dans bien des cas l'isolement d'un spectre pur. En effet la lentille cylindrique ne concentre en chaque point d'une raie que la lumière provenant d'un seul diamètre du diaphragme, parallèle au plan de dispersion du spectre. Une lentille sphérique concentrerait en un même point la lumière provenant de toute la surface du diaphragme. Or, dans les préparations qui nous ont été proposées, il était généralement plus facile de trouver des *lignes* de coloration homogène que des *surfaces* de même qualité, suffisamment assimilables à des lames à faces parallèles. Enfin dans bien des cas la lentille cylindrique facilite la juxtaposition et la graduation des spectres.

SPECTROSCOPIE. — *Relations entre la tension τ de Baeyer et la fréquence caractéristique Raman dans le cas des carbures cycliques.* Note de M. **Marius Aubert**, présentée par M. Aimé Cotton.

L'angle α de deux hauteurs dans un tétraèdre régulier a pour valeur 109°28'. On peut alors considérer que l'angle normal des valences du carbone est égal à α. Si l'on cherche à former un cycle avec une chaîne de tétraèdres, on doit nécessairement dévier de leur position normale les valences de carbone. D'après von Baeyer, on peut considérer que cette déviation des directions de valences produit dans le système cyclique une tension τ.

Pour un carbure cyclique saturé dont le noyau contient n atomes de carbone, Baeyer prend pour mesure de τ la moitié de la différence entre

l'angle normal α des valences du carbone et l'angle β

$$\beta = \frac{180°(n-2)}{n}$$

du polygone régulier de n côtés formant le cycle.

Ainsi

$$\tau = \frac{1}{2}\left[109°28 - \frac{180°(n-2)}{n}\right]$$

ou, si l'on exprime les angles en minutes,

$$\tau = \frac{10800 - 2116n}{n}. \tag{1}$$

D'autre part, si l'on porte son attention sur les fréquences Raman ν caractéristiques des carbures cyclaniques sans chaîne latérale, on peut, en considérant l'éthylène comme un cycle à deux chaînons, dresser le tableau suivant :

n	2.	3.	5.	6.	7.	8.
τ (en minutes)	3284	1484	44	−316	−573	−766
ν cm^{-1}	1620	1188	889	801	729	700

On constate graphiquement que la courbe $\nu = \varphi(\tau)$ est très sensiblement une droite.

En posant

$$\nu = a\tau + b,$$

il vient, si l'on écrit que la somme des carrés des écarts est minima,

$$\nu = 0,2266\tau + 868. \tag{2}$$

On a alors

n	2.	3.	5.	6.	7.	8.
τ (en minutes)	3284	1484	44	−316	−573	−766
ν calculé	1612	1204	878	797	738	695
ν expérimental	1620	1188	889	801	729	700

L'écart maximum entre le calcul et l'expérience est de 1,3 pour 100.

Ainsi donc *la fréquence caractéristique Raman du noyau semble une fonction linéaire déterminée de la tension τ due à la déviation des valences du carbone.*

Pour le cyclobutane qui, à ma connaissance, n'a pas été étudié, la fréquence caractéristique du noyau serait voisine de 1000 cm^{-1}.

La comparaison des formules (1) et (2) conduit à

$$n\nu^2 = \frac{(2447,3 + 388,5n)^2}{n}; \tag{4}$$

on en déduit

$$\frac{d(n\nu^2)}{dn} = \frac{2447,3 + 388,5n}{n^2}(388,5n - 2447,3).$$

La courbe $n\nu^2 = \psi(n)$ passe par un minimum pour

$$n = \frac{2447,3}{388,5} = 6,29.$$

Ceci revient à dire que, pour les valeurs de n voisines de 6, le produit $n\nu^2$ est sensiblement constant. La relation (4) donne

	$n=5$.	$n=6$.	$n=7$.	$n=8$.	Moyenne.
$n\nu^2$.....	$38,54.10^5$	$38,05.10^5$	$38,13.10^5$	$38,58.10^5$	$38,3.10^5$

La relation strictement expérimentale énoncée par MM. M. Godchot, E. Canals et Mlle G. Cauquil ([1]) pour $n = 5$, 6, 7 et 8, à savoir

$$n\nu^2 = 38,5.10^5,$$

n'est qu'un cas particulier que l'on retrouve dans la formule (2), liant la tension τ du noyau du carbure étudié à la fréquence caractéristique Raman.

SPECTROSCOPIE. — *Sur l'absorption de la vapeur de soufre entre* 3600 *et* 5000 Å. Note de MM. **B. Rosen** et **L. Neven**, présentée par M. Charles Fabry.

L. D'Or ([2]) a repris l'étude du spectre d'absorption de la vapeur de soufre, compris entre 3600 et 4200 Å (système C). Il a comparé l'intensité de ce spectre obtenu dans différentes conditions de température et de pression, aux données thermochimiques concernant le pourcentage de molécules S_8, S_6 et S_2, dont l'existence était admise jusqu'à présent. Il a conclu de sa recherche que le spectre n'appartient à aucune de ces molécules, mais bien à une molécule intermédiaire, vraisemblablement S_4 ou peut-être S_3. Les résultats de D'Or étant en partie opposés à ceux obtenus antérieurement par l'un de nous ([3]), nous avons repris les recherches expérimentales en essayant de mesurer les bandes avec une précision

([1]) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1574.
([2]) *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 1026.
([3]) B. Rosen, *Zeitschrift f. Phys.*, 48, 1928, p. 545.

plus grande et de faire varier les conditions de température et de pression dans des limites plus larges qu'on ne l'avait fait jusqu'à présent.

L'un de nous (*loc. cit.*) avait attribué en 1928 le spectre en cause à la molécule S_2 en se basant sur les faits suivants :

1° Une grande partie des bandes pouvait être arrangée dans le schéma du système principal du soufre;

2° Les conditions d'apparition de ce spectre correspondaient bien à ce qu'on pouvait attendre en tenant compte des probabilités de passage dans les bandes correspondantes.

Nous avons remesuré les bandes du système C en utilisant d'une part quelques clichés que M. L. D'Or a aimablement mis à notre disposition, d'autre part de nouveaux clichés pris dans différentes conditions de pression et de température.

D'après les nouvelles mesures toutes les bandes peuvent être arrangées dans le schéma du système principal de S_2. L'accord entre les valeurs mesurées et les valeurs calculées est meilleur pour les nouvelles mesures que pour les anciennes faites sur des clichés pris à faible dispersion; en plus, les bandes correspondent d'après le schéma du système principal de S_2 aux passages vers les niveaux $v' \geq 10$, ce qui explique à la fois leur aspect diffus et leur intensité relativement grande. En effet, l'état $v' = 10$ étant le premier état prédissocié, les bandes $v' \geq 10$ n'ont plus de structure fine et leur intensité totale doit être plus grande que celle des niveaux $v' < 10$. On observe les mêmes phénomènes dans les bandes de la série $v'' = 0$ située dans l'ultraviolet.

Les bandes en question correspondent à des passages à partir des v'' très élevés. Ceci explique pourquoi leur intensité est dans toutes les conditions très faible par rapport à l'intensité des bandes dans l'ultraviolet et pourquoi elles apparaissent à des pressions beaucoup plus élevées que ces dernières.

L'étude des clichés pris dans différentes conditions de température et de pression semble, en ce qui concerne l'attribution des bandes du système C à S_2 confirmer les résultats de la mesure des bandes. En effet, même à 1100° (température maximum employée) les bandes n'ont nullement disparu; à température élevée (vers 1000°), l'intensité des bandes est indépendante de la concentration et dépend uniquement du nombre total de molécules S_2. Le contraire a été observé par V. Henri [1] à des tempéra-

---

[1] *Leipziger Vorträge*, 1931, p. 150.

tures modérées : la variation avec la concentration a été même l'argument le plus important en faveur de l'attribution des bandes du système C à une molécule polyatomique.

En résumé, on peut constater que les mesures des bandes ainsi que les observations à températures élevées indiquent plutôt que les bandes du système C doivent être attribuées à S_2 et forment une partie du système principal. En même temps il faut constater que les expériences de V. Henri et de D'Or s'expliquent plus facilement en attribuant le système C à une molécule polyatomique.

Il nous semble toutefois qu'il y a une possibilité de réconcilier ces résultats apparemment contradictoires. En effet, si l'on admet qu'il existe un fond continu, provenant de l'absorption par une molécule polyatomique et situé dans la même région spectrale que les bandes prédissociées du système principal, on parvient à expliquer facilement presque tous les effets observés par les différents auteurs. Les bandes appartiendraient dans cette hypothèse au système principal, mais leur intensité relativement aux autres bandes du même système serait fortement influencée par le fond continu. La discussion détaillée paraîtra prochainement ailleurs.

Notons que, l'effet de prédissociation induite (1) étant limité aux niveaux $v' \leqq 10$ non prédissociés, les bandes du système C ne sont influencées ni par un champ magnétique (2) ni par les chocs avec des molécules des gaz étrangers (3).

RAYONS X. — *Émissions faibles dans le spectre* L *du radium* (88). Note de M. **Horia Hulubei**, présentée par M. Jean Perrin.

J'ai déjà donné la mesure du spectre L d'absorption et des raies les plus fortes du spectre L d'émission du radium ainsi que la valeur des niveaux qu'on en peut déduire par cet atome (4).

Un certain nombre d'émissions faibles paraissent en outre sur mes

(1) L'un de nous (B. R.) discute cet effet en détail dans un article à paraître dans les *Comptes rendus de la réunion internationale de photoluminescence*, Varsovie, mai 1936.

(2) J. Genard, *Physica*, 3, 1936, p. 125.

(3) V. Kondratjew et E. Olsson, *Zeitschrift f. Phys.*, 99, 1936, p. 671.

(4) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 399 et 542.

clichés. Je donne ici la mesure de celles que j'ai pu pointer avec quelque précision et que j'ai identifiées soit avec des transitions de diagramme, soit avec des raies d'étincelles correspondant à celles connues pour d'autres éléments lourds voisins.

Le Tableau I est relatif à quelques raies identifiées comme satellites de α_1, β_2 et γ_2.

L'émission hors diagramme qui accompagne α_1 est intense et présente, comme pour les éléments voisins, l'aspect d'une bande à structure complexe. On y distingue trois raies. D'après les différences de fréquence de chacune d'elles à α_1 il s'agirait de α', α^{ix} et α^{x} observées pour d'autres atomes lourds [1]. Cependant une coïncidence presque parfaite entre α^{x} et la raie $L\beta_3$ du thalium m'empêche de la mentionner.

De nombreux satellites de β_2 ont déjà été rapportés dans cette région du système périodique. β'_2 et β''_2 sont très intenses pour le radium, β'_2 étant vraisemblablement elle-même un doublet.

Dans le Tableau II j'ai rassemblé les raies qui correspondent à des transitions de diagramme interdites ou permises par multipôles.

L'identification de ces raies a été faite à l'aide des niveaux du radium que j'ai donnés dans une précédente publication (*loc. cit.*, p. 542).

En dehors des raies rapportées ici, un certain nombre de transitions possibles ne sont pas observables par suite de coïncidences ou voisinage de raies fortes, ainsi : $L_I O_I$ avec Thγ_1 ; $L_{II} M_V$ avec Raβ_5 ; $L_{II} N_{VI,VII}$ avec Raγ_2 ; $L_{II} O_V$ non encore dédoublée de γ_6 ; $L_{III} O_{II}$ avec Raβ_1.

La raie 803,3 est relativement intense. D'après sa fréquence j'ai fait l'hypothèse qu'elle pourrait être due au passage $L_{III} P_I$; cette supposition serait confirmée par l'existence, dans mon spectre, de la raie 671,0, qui pourrait être interprétée comme $L_{II} P_I$. En effet, ces deux émissions donneraient pour P_I respectivement :

$$L_{III}P_I - L_{III} = 3,1\,\frac{\nu}{R} \qquad \text{et} \qquad L_{II}P_I - L_{II} = 3,3\,\frac{\nu}{R}.$$

Comme le niveau P_I n'a pas pu être déterminé jusqu'ici par les spectres de rayons X, il serait intéressant d'étudier systématiquement cette émission pour différents atomes.

D'ailleurs Claësson [2], en reprenant avec un spectrographe Cauchois le

---

[1] Yvette Cauchois, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1194; 201, 1935, p. 721; 202, 1936, p. 2068; 203, 1936, p. 398.

[2] *Zeits. f. Phys.*, 101, 1936, p. 499.

spectre L de l'uranium, observe la raie 723,7₁ u. x., qu'il n'interprète pas et qui serait peut-être $L_{III}P_I$. Ceci donnerait, pour cet atome, $P_I = 4,9\ \nu/R$.

TABLEAU I.

Notation de la raie.	λ en u. x.	$\frac{\nu}{R}$.	$\Delta\frac{\nu}{R}$.	$\sqrt{\Delta\frac{\nu}{R}}$.
		Satellites de α_i.		
α'	$1000,9_5$	$910,4_0$	1,54	1,24
α^{ix}	$999,3_0$	$911,9_0$	3,04	1,74
		Satellites de β_2.		
β'_2	$829,9_7$	$1097,9_5$	4,83	2,20
β''_2	$828,7_3$	$1099,6_0$	6,48	2,54
β'''_2	824,8	1104,8	11,7	3,4
β^{IV}_2	822,8	1107,5	14,4	3,8
		Satellites de γ_2.		
γ'_2 ?	677,1	1345,8	6,8	2,6

TABLEAU II.

Transitions.	λ en u. x.	$\frac{\nu}{R}$ observé.	$\frac{\nu}{R}$ calculé.
$L_I\ N_{IV}$	665,2	1369,9	1370,02
$L_I\ N_V$	664,0	1372,4	1372,42
$L_I\ O_{IV,V}$	645,5	1411,7	1411,87
$L_{II}\ M_{III}$	842,1	1082,1	1082,11
$L_{II}\ N_{III}$	702,8	1296,6	1296,62
$L_{II}\ N_V$	691,8	1317,2	1316,97
$L_{II}\ O_{III}$	675,0	1350,0	1350,18
$L_{II}\ P_{II,III}$	670,0	1360,1	1360,03
$L_{III}\ N_{II}$	860,0	1059,6	1059,66
$L_{III}\ N_{III}$	849,4	1072,8	1072,77
$L_{III}\ P_{II,III}$	802,1	1136,1	1136,18
$L_I\ N_I$	686,0	1328,4	1327,78
$L_{II}\ O_{II}$	676,6	1346,8	1346,59
$L_{II}\ P_I$?	671,0	$1358,0_8$	
$L_{III}\ P_I$?	803,3	$1134,4_1$	

PHYSICOCHIMIE. — *Étude par effet Raman d'un complexe tungstotartrique dans l'eau.* Note de Mlle **Marie Théodoresco**, présentée par M. Charles Fabry.

J'ai fait une étude comparative entre les raies Raman de solutions d'acide tartrique ([1]), de tungstate de sodium et du complexe tungstotartrique $[TH^2, WO^3]Na^2$ ([2]). Ces substances ont été soigneusement purifiées.

J'ai préparé le complexe suivant la méthode indiquée par M. Yeu Ki Heng (*op. cit.*). Elle consiste à mélanger, d'abord, dans un rapport moléculaire égal à un, des cristaux d'acide tartrique et du tungstate de sodium : $WO^4Na^2, 2H^2O$, et à faire ensuite seulement les solutions. Elles sont facilement visqueuses, mais très claires.

Voici ce que j'ai constaté : toutes les solutions renfermant un composé du tungstène que j'ai étudiées présentent une raie très nette, assez fine, ayant l'aspect d'une raie du mercure. C'est la raie qui vibre aux environs de 940 cm^{-1}. J'ai vérifié que cette raie n'appartenait pas au mercure comme on serait tenté de le croire *a priori*. D'une part elle ne se retrouve dans aucun spectre du mercure fait sur diffuseur blanc; d'autre part je ne l'ai pas constatée dans des substances ne renfermant pas le tungstène et enfin elle est légèrement, mais nettement déplacée en passant de l'un des composés du tungstène à l'autre. Ainsi elle vibre aux environs de 934 cm^{-1} dans le tungstate de sodium et aux environs de 943 cm^{-1} dans le complexe que j'ai étudié : $[TH^2, WO^3]Na^2$.

Le tungstate de sodium présente encore deux raies assez larges, mais fortes : une dont la fréquence est environ 321 cm^{-1} et l'autre dont la fréqence est environ 832 cm^{-1}. Cette dernière se retrouve dans le complexe $[TH^2, WO^3]Na^2$, probablement à côté de celle de l'acide tartrique : 837 cm^{-1} environ.

Comparé au spectre Raman de l'acide tartrique, le spectre du complexe renferme, avec un léger déplacement pour certaines, les raies que présente celui de l'acide tartrique. Les raies qui vibrent aux environs de 362 cm^{-1},

---

([1]) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1676.
([2]) Yeu Ki Heng, *Thèse*, 1936.

837 cm^{-1}, 1088 cm^{-1}, 1273 cm^{-1} dans l'acide ne semblent pas déplacées dans le complexe.

La raie du groupement carboxyle : C = o dont la fréquence est environ 1730 cm^{-1} dans l'acide tartrique subit une grande diminution de fréquence et paraît nettement dédoublée : une raie 1606 cm^{-1} environ et une raie 1646 cm^{-1} environ.

Les raies qui vibrent dans l'acide tartrique aux environs de 520 cm^{-1}, 579 cm^{-1}, 753 cm^{-1}, 890 cm^{-1}, 987 cm^{-1}, 1136 cm^{-1} se retrouvent dans le complexe aux environs de 549 cm^{-1}, 570 cm^{-1}, 644 cm^{-1}, 881 cm^{-1}, 1006 cm^{-1}, 1150 cm^{-1}.

Ces résultats sont en faveur de l'hypothèse suivante : le complexe $[TH^2, WO^3]Na^2$ existerait en solution dans l'eau.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse d'un nouvel isomère du rétène : le 1-méthyl-9-isopropylphénanthrène.* Note de MM. **Georges Darzens** et **André Lévy**, présentée par M. Marcel Delépine.

Les méthyl-isopropylphénanthrènes, au nombre de 45 isomères parmi lesquels se trouve le rétène, présentent un intérêt particulier à cause de leurs relations avec les résines végétales. Dans une précédente Note, nous avons déjà donné la synthèse du 1-méthyl-3-isopropylphénanthrène ([1]), nous publions aujourd'hui celle de l'isomère 1-méthyl-9-isopropyle.

Afin d'être certains des positions des substituants, nous sommes partis de l'α-acétylnaphtalène pur qui a été successivement transformé en diméthylnaphtylcarbinol par l'action de CH^3MgBr, puis en carbure éthylénique par déshydratation et enfin en α-isopropylnaphtalène par hydrogénation catalytique à l'aide de nickel Raney. Ce carbure s'est montré identique à celui préparé par Herzenberg et Winterfeld à l'aide d'une méthode analogue mais plus compliquée ([2]).

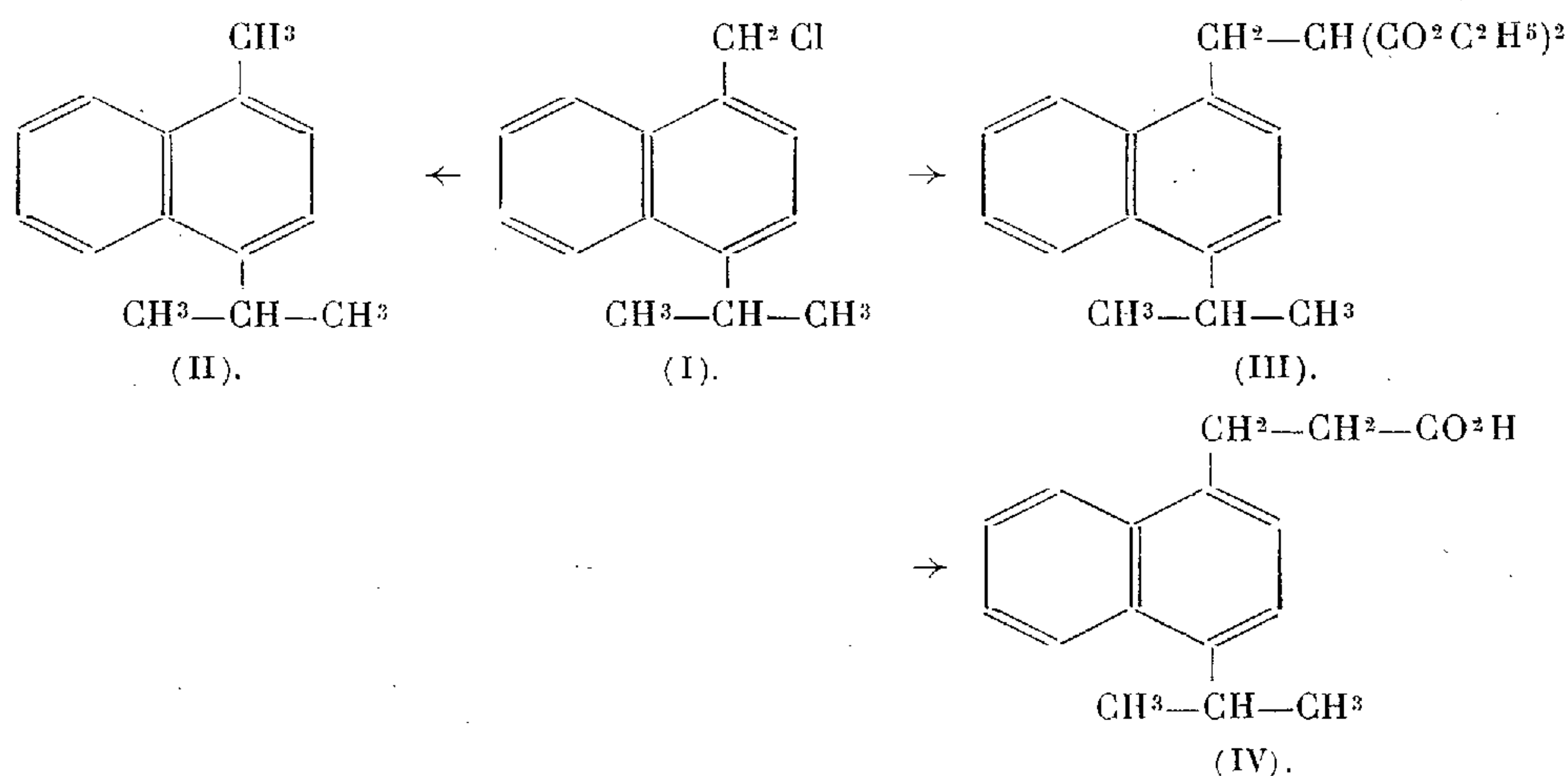
Nous l'avons ensuite transformé en dérivé chlorométhylénique (I) par notre méthode de chlorométhylation du naphtalène ([3]) et pour nous assurer de la constitution de ce dérivé nous l'avons réduit en 1-méthyl-4-isopropyl-

([1]) G. Darzens et A. Lévy, *Comptes rendus*, **201**, 1935, p. 152.

([2]) *Berichte d. chem. Ges.*, **64**B, 1931, p. 1036.

([3]) G. Darzens et A. Lévy, *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 73.

naphtalène (II) par l'action de Al et HCl en solution alcoolique :



Le carbure ainsi obtenu s'est montré identique à celui préparé par Ruzieka et Mingazzini et par De Barry-Barnet et Cook [1].

Le dérivé chlorométhylé (I), après condensation avec l'éther malonique sodé suivant notre technique habituelle, nous a donné le dérivé malonique (III) qui se présente sous l'aspect d'un liquide très visqueux ne cristallisant pas, mais dont l'acide correspondant cristallise bien et fond à 126°. Ce dernier acide se décompose vers 170° pour donner l'acide (IV) qui fond à 136°.

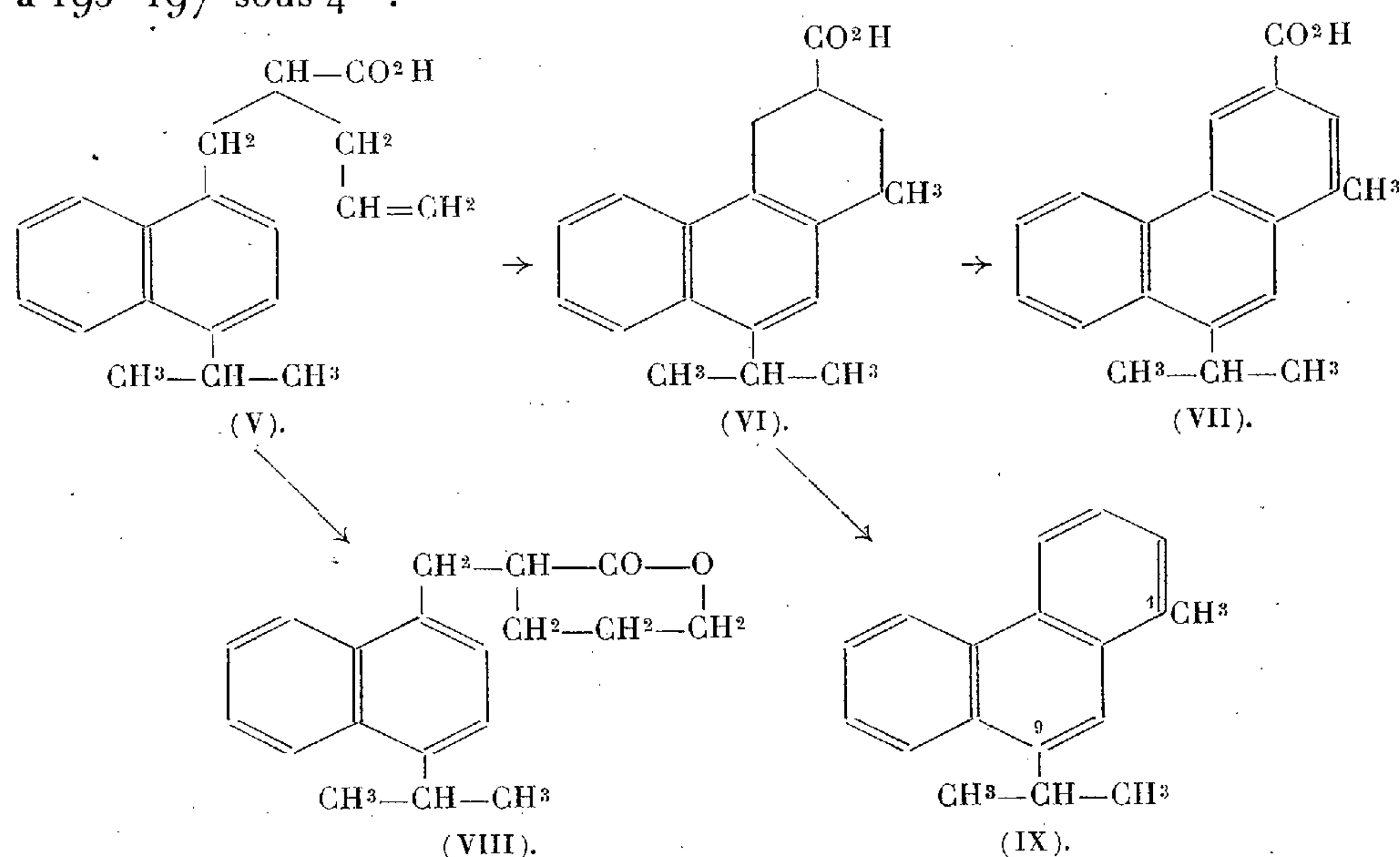
Pour accéder aux dérivés phénanthréniques nous avons allylé le dérivé malonique (III) par l'action du bromure d'allyle sur son dérivé sodé en solution toluénique et le produit brut de cette réaction a de suite été saponifié de manière à avoir l'acide correspondant qui a été décomposé par surchauffe à 170°, ce qui nous a donné l'acide allylé (V), liquide très visqueux ne cristallisant pas.

Traité par trois fois son poids d'un mélange à parties égales d'acide acétique et sulfurique maintenu à 40° pendant 3 jours, cet acide (V) se cyclise en donnant, suivant notre méthode générale de synthèse phénanthrénique, l'acide tétrahydrophénanthrénique de formule (VI). C'est un corps blanc, bien cristallisé, fondant à 160° et donnant un éther méthylique liquide très visqueux distillant à 192°-193° sous 4^{mm}. Mais dans cette réaction de cycli-

---

(1) RUZICKA et MINGAZZINI, *Helv. chim. acta*, 5, 1922, p. 710; DE BARRY-BARNET et COOK, *J. Chem. Soc.*, 1933, p. 22.

sation il se forme simultanément une lactone de formule (VIII) distillant à 195°-197° sous 4^{mm}.



Par l'action du soufre à 240° sur l'éther méthylique de l'acide (VI) on obtient facilement l'éther méthylique de l'acide déshydrogéné de formule (VII). C'est un liquide très visqueux, distillant à 195-196° sous 4^{mm}, et donnant par saponification l'acide (VII) qui est cristallisé et fond à 204°.

Au contraire, par l'action du sélénium à 340° sur l'acide (VI) on obtient directement, par déhydrogénation et décarboxylation simultanées, le 1-méthyl-9-isopropylphénanthrène de formule (IX).

Ce nouvel isomère du retène est un liquide très visqueux que nous n'avons pas pu faire cristalliser; il distille à 204-205° sous 14^{mm}, son picrate fond à 143°, son styphnate à 156° et, par oxydation chromique, il donne la 1-méthylphénanthrènequinone avec élimination simultanée du groupe isopropyle.

MINÉRALOGIE. — *Sur les propriétés caractéristiques des palygorskites.* Note (¹) de M. **Henri Longchambon.**

Les palygorskites forment une famille de minéraux dont M. Fersmann (²) fit pour la première fois une étude d'ensemble. Cet auteur arriva à la conclusion que ces minéraux, dont l'aspect est presque toujours celui de carton ou liège de montagne, à texture macroscopiquement fibreuse enchevêtrée, formaient une famille homogène dont la composition chimique pouvait être interprétée comme une série isomorphe entre deux pôles extrêmes, l'un magnésien, la sépiolite, l'autre alumineux, la paramontmorillonnite. Récemment nous avons affirmé à nouveau l'homogénéité de cette famille et montré que certaines terres à foulon, en particulier celles de la région Mormoiron-Carpentras, étaient constituées par des palygorskites.

Ce fait curieux de la constitution de certaines argiles par des minéraux fibreux, ainsi que le doute qui paraît persister dans la littérature (³) sur l'homogénéité de ces minéraux nous a incité à reprendre une étude complète de ces derniers. Après un examem d'un certain nombre d'échantillons à faciès de palygorskite nous avons pu grouper dix-huit échantillons de provenance différente, montrant une parfaite homogénéité de caractéristiques physicochimiques qui permettent d'affirmer l'individualité de cette espèce et d'aider à sa définition (⁴).

Nous donnons ci-dessous celles de ces caractéristiques se rapportant au mode de déshydratation et aux propriétés zéolitiques.

La figure ci-contre reproduit un enregistrement de déshydratation effectuée dans l'air saturé de vapeur d'eau à 15° avec une loi d'échauffement linéaire en fonction du temps, la température passant de 20° à 1000° en 36 heures. La prise d'essai était un poids de 0g,400 d'une palygorskite de Simféropol (Crimée).

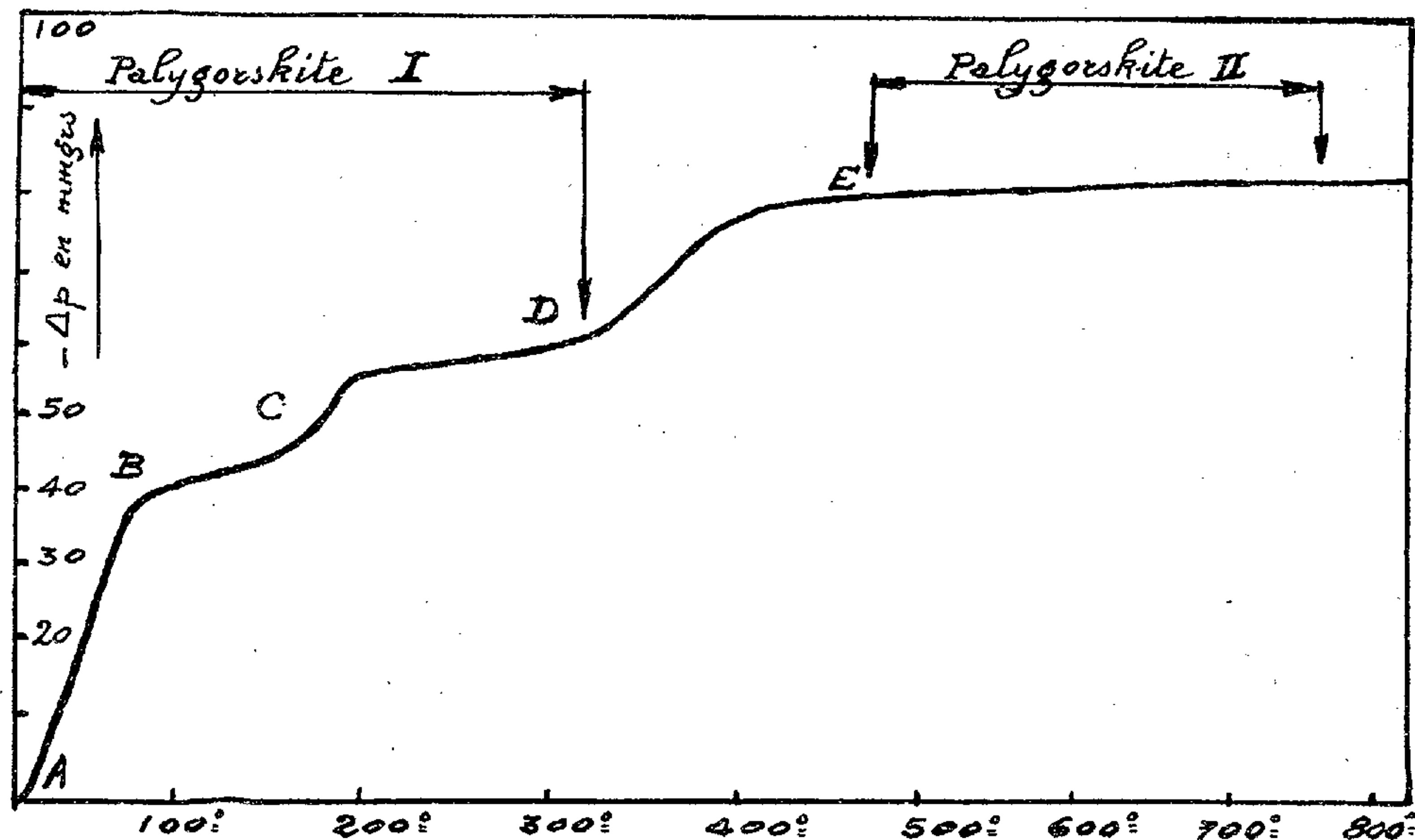
(¹) Séance du 8 octobre 1936.

(²) *Mémoires Acad. imp. des Sciences de Saint-Pétersbourg, Classe physico-mathématique*, 32, II, 1913.

(³) J. de Lapparent, *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 481, *Congrès international, Section de Géologie appliquée*, Paris; octobre 1935, p. 386.

(⁴) Nous devons une bonne part de ces échantillons à l'obligeance de MM. Vernadsky et Slavik, ainsi que de l'Académie des Sciences de l'U. R. S. S. Ces envois nous ont en particulier permis d'étudier certains échantillons ayant servi à M. Fesmann pour définir les palygorskites.

Cette courbe met en évidence une déshydratation en trois phases successives, la première de 20° à 100°, la seconde au voisinage de 200°, la troisième au voisinage de 400°, séparées par deux paliers à teneur constante. Les 17



autres échantillons donnent des courbes d'aspect absolument identique correspondant à un mode de déshydratation caractéristique de cette famille de minéraux. Quantitativement, certaines fluctuations dans les teneurs en eau et dans les températures exactes des deux dernières phases de déshydratation apparaissent lorsque l'on passe d'un échantillon à un autre, et ces fluctuations sont en relation avec la variation de composition chimique de cette série isomorphe.

Il est très intéressant de comparer ce mode de déshydratation à celui des sépiolites ([1]). La confrontation des deux courbes montre immédiatement une analogie très étroite jusqu'à 500°. Une distinction nette apparaît à 750°, les sépiolites montrant à cette température un quatrième et dernier stade de déshydratation, lié à une destruction du réseau, alors que pour les palygorskites la déshydratation est totale au plus tard à 500°. Nous montrerons que les palygorskites subissent cependant cette même destruction de réseau à 750-800°.

L'analogie avec les sépiolites jusqu'à 500° se retrouve également, comme

([1]) H. Longchambon, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1331.

nous le montrerons ultérieurement, dans le fait que le troisième stade de déshydratation vers 400° correspond à la destruction d'un hydrate défini entraînant une modification du réseau sans passer par l'amorphisation, amenant ainsi à envisager une forme *palygorskite* I stable jusqu'à 350° et une forme *palygorskite* II stable de 500° à 750°.

Comme pour les sépiolites, une propriété remarquable de la forme I naturelle est le caractère zéolitique d'une partie importante de l'eau qu'elle contient. Une palygorskite naturelle contient environ 20 pour 100 d'eau. Cette teneur à la température ordinaire est fonction de la teneur en vapeur d'eau de l'atmosphère. Après chauffage à 350°, la perte en eau est de l'ordre de 13 pour 100, et cette eau est rapidement reprise si l'échantillon est placé dans l'air saturé de vapeur d'eau à la température ordinaire. Les courbes de déshydratation successives entre 20° et 350° que l'on peut ainsi obtenir avec un même échantillon sont identiques entre elles et identiques à la portion AD de la courbe ci-contre.

Cette propriété zéolitique disparaît par chauffage à 400° en même temps que la forme I passe irréversiblement à la forme II comme dans les sépiolites.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Relations entre le champ électrique de l'atmosphère et quelques facteurs météorologiques pendant l'année 1934 à l'Observatoire de Ksara (Liban).* Note [1] de M. **Jean Chevrier**, présentée par M. Charles Maurain.

Je choisis 10 jours calmes, tant au point de vue électrique que météorologique (sauf pour janvier, février et décembre, où le nombre de tels jours se réduit respectivement à 6, 4 et 5). Par comparaison des 2520 valeurs horaires du gradient ainsi obtenues avec les valeurs correspondantes des facteurs météorologiques enregistrées à l'Observatoire, j'établis les tableaux ci-après. La seconde colonne y donne, par rapport au nombre total de valeurs (2520), le pourcentage de celles qui se trouvent comprises dans l'intervalle indiqué par la première colonne; dans la troisième colonne figure la moyenne du gradient pour les valeurs du facteur météorologique comprises dans les limites de la première colonne.

---

(1) Séance du 5 octobre 1936.

Press. (mm).	°/₀.	V/m.	Press. (mm).	°/₀.	V/m.	Press. (mm).	°/₀.	V/m.
676 à 677...	0,8	56,6	682 à 683...	9,8	46,6	688 à 689...	2,8	48,4
677 à 678...	1,6	47,3	683 à 684...	11,4	45,8	689 à 690...	1,3	39,1
678 à 679...	4,0	53,9	684 à 685...	13,7	42,7	690 à 691...	0,8	58,8
679 à 680...	8,3	51,1	685 à 686...	10,2	44,0	691 à 692...	0,8	39,2
680 à 681...	12,7	51,8	686 à 687...	5,5	44,6	692 à 693...	0,2	66,5
681 à 682...	11,3	48,7	687 à 688...	4,8	39,4			

Ces chiffres montrent que le gradient diminue lorsque la pression augmente.

Temp. °C.	°/₀.	V/m.	Temp. °C.	°/₀.	V/m.	Temp. °C.	°/₀.	V/m.
-5 à 0....	2,1	47,7	10 à 15.....	18,5	39,1	25 à 30....	14,1	57,1
0 à 5....	5,6	42,3	15 à 20.....	22,9	46,0	30 à 35....	4,8	56,1
5 à 10....	11,2	38,9	20 à 25.....	26,5	52,9	35 à 37....	0,3	47,7

Le gradient varie ici dans le même sens que la température.

Hum. rel.	°/₀.	V/m.	Hum. rel.	°/₀.	V/m.	Hum. rel.	°/₀.	V/m.
13 à 15....	0,4	46,2	40 à 45.....	11,8	52,3	70 à 75....	4,3	40,2
15 à 20....	1,9	51,3	45 à 50.....	11,2	49,7	75 à 80....	4,2	37,6
20 à 25....	4,1	49,0	50 à 55.....	8,3	47,8	80 à 85....	1,9	33,8
25 à 30....	7,6	49,2	55 à 60.....	8,3	46,6	85 à 90....	1,4	30,6
30 à 35....	10,0	52,4	60 à 65.....	6,3	44,3	90 à 95....	1,0	29,4
35 à 40....	12,6	48,4	65 à 70.....	4,3	43,3	95 à 97....	0,4	25,7

L'influence de l'humidité est complexe. Un examen des cas particuliers semble montrer qu'aux forts degrés hygrométriques correspondent des gradients tantôt faibles par situations calmes, tantôt extrêmement élevés, principalement en cas de brouillards locaux et agités.

Vit. (m/s).	°/₀.	V/m.	Vit. (m/s).	°/₀.	V/m.	Vit. (m/s).	°/₀.	V/m.
0 à 1.....	13,2	43,0	4 à 5.......	5,4	49,6	8 à 9....	4,1	61,0
1 à 2.....	12,3	44,4	5 à 6.......	5,5	53,3	9 à 10....	2,4	62,9
2 à 3.....	9,8	44,6	6 à 7.......	4,8	58,4	10 à 11....	2,1	60,9
3 à 4.....	7,2	43,4	7 à 8.......	5,0	57,7	11 à 13....	1,4	60,6

Temps calme pour 100 : 26,9. Gradient moyen : 40,8 V/m.

Le gradient augmente régulièrement avec la vitesse du vent.

Dir.	°/₀.	V/m.	Dir.	°/₀.	V/m.
N............	1,8	46,0	S............	0,8	49,1
NNE..........	1,3	37,9	SSW..........	2,0	49,9
NE...........	3,6	43,5	SW...........	5,2	47,1
ENE..........	3,3	44,1	WSW..........	5,3	49,9
E............	1,4	45,3	W............	8,6	52,8
ESE..........	0,5	48,0	WNW..........	11,7	47,1
SE...........	0,5	49,2	NW...........	10,8	52,6
SSE..........	0,7	44,8	NNW..........	1,4	54,3

Temps calme pour 100 : 41,1. Gradient moyen : 41,1 V/m.

La direction du vent ne paraît pas avoir d'effet bien marqué : les secteurs les plus fréquents, SW à NW, donnent lieu à des gradients un peu plus élevés, fait qui n'est sans doute pas à séparer de celui signalé pour les vitesses, car c'est dans ces secteurs que le vent est généralement le plus fort.

MAGNÉTISME TERRESTRE. — *Sur la nature des perturbations magnétiques.* Note (¹) de M. **Mario Bossolasco**, présentée par M. Charles Maurain.

Le nombre relativement grand des stations magnétiques qui étaient en fonctionnement pendant l'Année polaire internationale 1932-1933 m'a conduit à étudier en détail l'orage magnétique à caractère mondial du 30 avril 1933. L'étude des enregistrements mis à ma disposition par les directeurs de plusieurs observatoires a déjà permis de formuler quelques conclusions à propos desquelles je donne ici un court exposé préliminaire. Les deux points considérés spécialement ici sont : le vecteur qui définit l'*impetus* initial d'un orage magnétique, l'autre, les perturbations spéciales dites *Bay-Störungen*, orages à baie.

1. En remarquant que l'orage en question a eu son début à peu près vers $16^{h}27^{m},5$ T. M. G., lorsque le Soleil se trouvait au zénith le long du méridien de 67° W Gr. et à la latitude de 15° N environ, on a cherché l'allure du vecteur *impetus* en tenant compte de cette position du Soleil d'après les enregistrements à marche normale.

L'*impetus* d'un orage magnétique étant un vecteur variable avec le temps, on a été amené à le représenter seulement au moyen de ses valeurs extrêmes ou avec ses positions de changement de direction bien marquées ; cela a été toujours limité aux dix premières minutes depuis le début de l'orage, parce que la variation rapide initiale qui définit l'*impetus* en toute son intensité n'a jamais dépassé cette durée.

Examinant l'allure de la variation de l'intensité de l'*impetus* (ΔR) sur le globe, on voit que, pour l'orage du 30 avril 1933, lorsqu'on exclut les régions polaires, le maximum de cette intensité se présente à la station de Huancayo (Pérou) qui est en même temps la plus proche du méridien du Soleil au zénith à l'instant du début de l'orage et qui est à peu près située sur l'équateur magnétique. Mais les stations équatoriales relèvent aussi

(¹) Séance du 5 octobre 1936.

un maximum nocturne bien marqué et même positif pour ΔR ou ΔH, ce qui montre que l'action du Soleil, considérée comme donnant lieu aux perturbations par émission de corpuscules électrisés, doit être influencée aussi directement par le champ magnétique permanent de la Terre et ainsi ne s'exerce pas seulement par propagation dans les couches ionisées qui enveloppent le globe.

De plus, on trouve que l'*impetus* tel qu'il s'est présenté dans les endroits qui se trouvaient vers le milieu de la nuit se compose d'un vecteur dirigé dans une direction presque constante (pour chaque station), tandis que dans les environs du méridien qui passait par le Soleil l'*impetus* résulte en général de deux vecteurs ayant des directions bien différentes ou presque opposées.

D'ailleurs une exception à ce sujet est fournie par la station de San Juan qui avait le Soleil presque au zénith à l'instant du début de l'orage; cela est à rapporter à la circonstance que dans la région environnante et particulièrement au Nord l'intensité de l'*impetus* a présenté un minimum, comme le prouvent les diagrammes des stations de Cheltenham et de Agincourt. Pour la station de San Juan il est même remarquable que l'*impetus* s'est manifesté selon une direction azimutale qui diffère d'environ 20° des directions des autres stations tropicales, tandis que ces dernières sont à peu près entre elles parallèles et orthogonales à l'équateur magnétique, ce qui démontre que le courant électrique équivalent était dirigé suivant celui-ci (perturbation équatoriale).

Enfin l'analyse faite sur la durée de l'*impetus* a montré que dans les hautes latitudes le développement de l'*impetus* est sensiblement plus rapide que dans les régions équatoriales.

2. Dans la recherche entreprise sur l'orage en question on a étudié en détail l'allure des variations du champ magnétique relatives à toute la période entre le 28 avril et le 5 mai 1933. On a été ainsi conduit à examiner aussi les trois « Bay-Störungen » (B.-S.) qui se sont présentées pendant les jours : 30 avril (entre 20^h et 22^h T. M. G.), 3 et 4 mai 1933 (entre 18^h et 20^h T. M. G. tous les deux).

L'analyse de ces perturbations spéciales a conduit aux résultats suivants, valables vraisemblablement pour toute sorte de B.-S.

Le caractère essentiel d'une B.-S., tel qu'il est défini par le comportement du vecteur perturbateur, reste le même, soit pendant un orage magnétique (30 avril 1933), soit dans les jours calmes ou presque calmes (3 et 4 mai 1933) : la seule différence est que dans le premier cas l'ampleur

ou l'intensité de la B.-S. est nettement plus forte que dans les autres. En effet, l'étude de la variation du vecteur qui définit une B.-S. a montré que ce vecteur a en tout cas tendance à décrire un plan (tandis que l'extrémité du même vecteur décrit en général une courbe fermée sur ce plan). Dans une même station l'orientation de ce plan paraît être tout à fait indépendante des conditions orageuses du champ magnétique de la terre, tandis que l'inclinaison du plan de la B.-S. est variable avec le temps. Il suit de là que les actions qui provoquent une B.-S. doivent être de nature originairement différente et indépendante de celles qui donnent naissance aux orages magnétiques, tandis que ces dernières exercent seulement un effet d'amplification sur les premières. Enfin, contrairement à ce que l'on a affirmé récemment ([1]), la propagation d'une B.-S. sur le globe doit être regardée comme tout à fait indépendante de la longitude, parce qu'on a clairement constaté que pendant une B.-S. les valeurs maximales du vecteur perturbateur se présentent dans toutes les stations au même instant (à une minute près, en raison des difficultés qu'il y a pour définir toujours avec la même exactitude ce maximum, lorsqu'on utilise simplement les diagrammes ordinaires).

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Papavéracées. Développement de l'embryon chez le* Chelidonium majus *L.* Note de M. **René Souèges**, présentée par M. Pierre-Augustin Dangeard.

On ne retrouve pas, dans le *Chelidonium majus*, les formes régulières que j'ai déjà rencontrées, chez le *Papaver Rhœas* ([2]). F. Hegelmaier ([3]) en a représenté un très grand nombre en 1878, mais l'interprétation qu'il a donnée de leur mode de construction ne peut, sur beaucoup de points essentiels, être acceptée.

On constate tout d'abord que la cellule basale du proembryon bicellulaire se segmente tantôt transversalement, tantôt longitudinalement, pour donner les deux éléments les plus inférieurs du suspenseur, qui, sous cer-

([1]) E. Wiechert, *Mitteil. der Geophys. Warte Gr. Raum der Albertus-Universität Königsbergi. Pr.*, n° 22, 1934, p. 9 et suiv.

([2]) *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 902 et p. 1119; *Bull. Soc. bot. Fr.*, 75, 1928, p. 452.

([3]) *Vergleichende Untersuch. über Entwicklung dikotyledoner Keime*, Stuttgart, 1878.

tains rapports, offrent des analogies avec les deux vésicules-supports décrites par L. Guignard chez l'*Hypecoum* (¹). Il n'y a pas lieu de tenir compte de ces deux éléments pour établir les lois de l'embryogenèse. La cellule apicale se divise toujours transversalement, mais les deux cellules filles engendrées prennent indifféremment des cloisons transversales ou verticales, de sorte que le proembryon hexacellulaire, formé au terme de toutes ces divisions, peut présenter huit dispositions différentes, la cellule basale s'étant cloisonnée transversalement dans quatre d'entre elles, verticalement dans les quatre autres. Apparaissent ensuite des formes octo et décacellulaires dont on peut aisément déterminer le mode de construction en partant de l'une ou de l'autre des formes hexacellulaires.

Aux stades suivants, il est difficile de suivre avec certitude la marche de la segmentation. Les proembryons rencontrés présentent les aspects les plus divers. Quelques-uns seulement, construits d'une manière régulière et s'enchaînant assez exactement, permettent de dégager les vraies lois du développement. Dans certaines formes décacellulaires peuvent apparaître au sommet quatre cellules circumaxiales représentant des octants supérieurs et quatre cellules subterminales, également circumaxiales, correspondant à des octants inférieurs. Comme chez le *Papaver Rhœas*, les quatre cellules supérieures donnent une épiphyse, soit qu'elles prennent d'abord des cloisons tangentielles séparant le dermatogène, soit qu'elles se segmentent horizontalement pour engendrer une nouvelle assise cellulaire qui contribue à l'édification d'un tissu épiphysaire plus étendue. Les quatre cellules supérieures se disposent souvent en tétraèdre, l'une occupant le sommet, les trois autres le plan inférieur. Ces quatre cellules peuvent encore former deux dyades superposées.

Les quatre cellules correspondant à des octants inférieurs prennent des cloisons transversales pour donner deux, puis quatre étages cellulaires. Dans ces quatre étages se produisent des cloisons tangentielles séparant extérieurement le dermatogène. L'étage supérieur, voisin de l'épiphyse, fournit la couche cellulaire aux dépens de laquelle se développent latéralement les deux cotylédons. Aux dépens des cellules intérieures de l'étage inférieur se différencient les initiales de l'écorce de la racine. Les deux histogènes internes, périblème et plérome, se séparent par segmentations verticales des cellules intérieures des deux étages moyens; ils ne paraissent bien individualisés qu'au moment de la croissance des cotylédons. Les quatre cellules génératrices de ces étages peuvent former tout d'abord deux dyades superposées ou une file de quatre éléments.

Les portions centrales de la coiffe tirent origine des éléments supérieurs du suspenseur. Ceux-ci, au nombre de deux, à un moment donné, et juxtaposés, prennent des cloisons transversales et horizontales séparant d'abord quatre cellules circumaxiales ou deux dyades superposées, ensuite deux tétrades disposées en deux assises.

(¹) *Journ. Bot. Morot*, 17, 1903, p. 33.

Malgré leur très grande diversité et parfois leur complexité, les formes embryonnaires de la Chélidoine offrent avec celles du Coquelicot des analogies réelles, qui résident surtout : 1° dans la disposition des éléments constitutifs de la plupart des proembryons à 4, 6, 8 et 10 cellules; 2° dans la différenciation d'une épiphyse s'élevant en un cône très net à la partie supérieure de l'embryon; 3° dans la génération des initiales de l'écorce de la racine, non pas aux dépens d'une hypophyse comparable à celle des Crucifères ou des Renonculacées, comme l'a soutenu Hegelmaier, mais aux dépens des éléments les plus inférieurs de la partie hypocotylée (1).

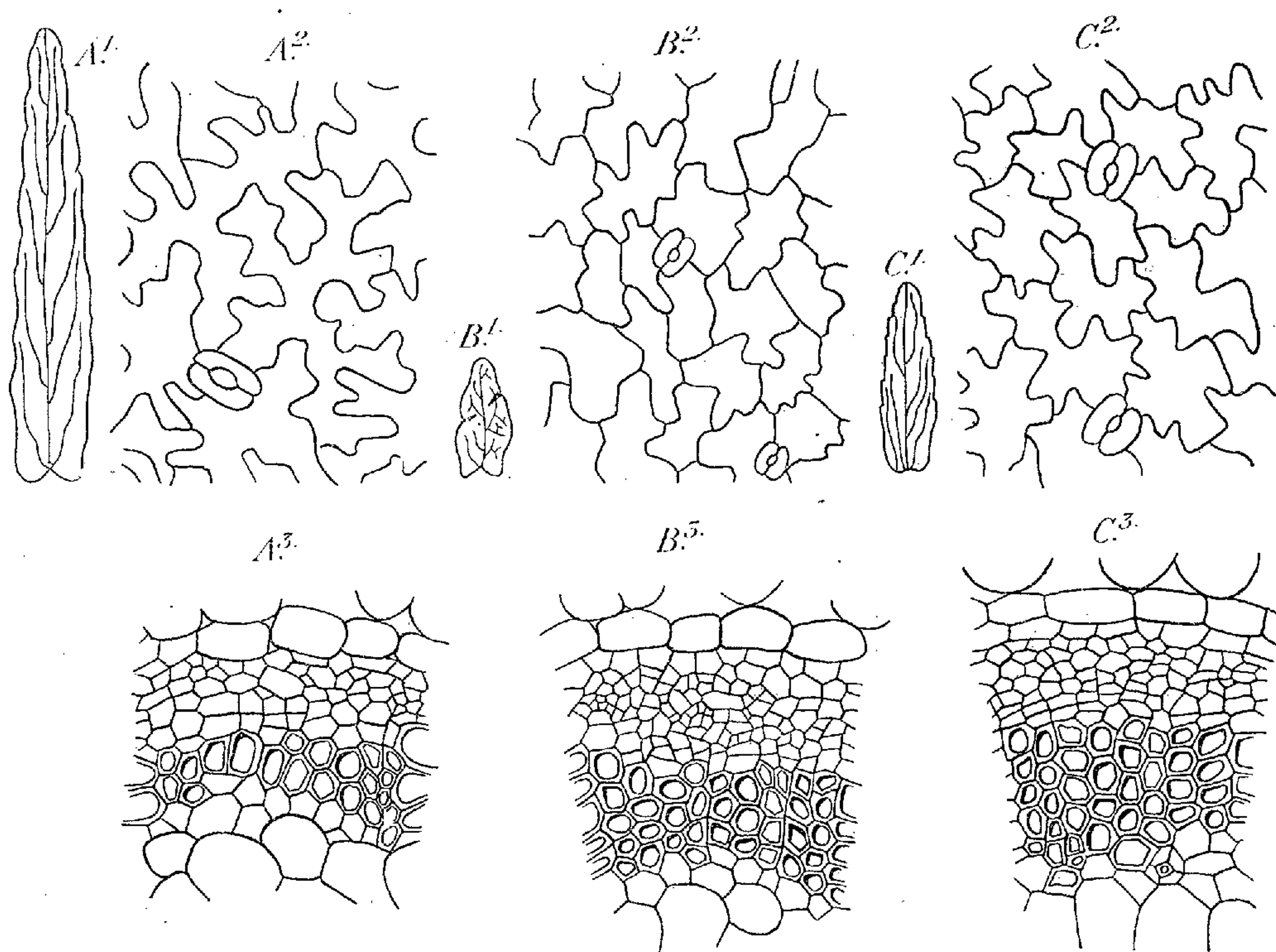
PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Production expérimentale chez une plante immergée des caractères de structure propres aux organes aériens.* Note de M. **Raoul Combes**, présentée par M. Marin Molliard.

Au cours de ces dernières années, dans le but d'étudier l'influence qu'exerce le milieu aquatique sur le métabolisme végétal, et par là sur la morphogénèse, j'ai entrepris avec diverses espèces des essais de cultures comparées en milieu aqueux et en milieu aérien, recherchant des plantes qui soient susceptibles de se développer dans ces deux conditions. Parmi les espèces sur lesquelles ont porté mes essais le *Veronica Anagallis* est celle qui m'a donné les meilleurs résultats. Depuis sept ans je le cultive dans les deux milieux et il s'y développe également bien; de plus il y manifeste un polymorphisme très accusé.

Les feuilles aériennes diffèrent surtout des feuilles immergées par leur surface environ quatre fois plus petites, leurs cellules épidermiques de taille plus réduite et à contours beaucoup moins sinueux, leur épaisseur plus grande résultant notamment de la différenciation d'une assise de parenchyme palissadique qui est absente dans les feuilles immergées, le nombre plus grand de stomates, une plus grande quantité d'amidon, des membranes et en particulier une cuticule plus épaisses, enfin par des tissus libériens et ligneux beaucoup plus développés; ce grand développement des tissus libériens et ligneux est également l'un des caractères qui différencient les tiges aériennes des tiges immergées (A^1, A^2, A^3 et C^1, C^2, C^3).

(1) L'histoire aussi complète et aussi précise que possible du développement de l'embryon de la Chélidoine sera publiée prochainement dans un autre recueil, accompagnée de nombreuses figures.

J'ai repris, en opérant sur cette plante, les expériences entreprises autrefois sans succès par Gœbel ([1]) et tendant à provoquer chez des organes immergés la morphogénèse propre aux organes aériens par culture de plantes aquatiques en liquides riches en sucre.



A¹, feuille; A², épiderme foliaire inférieur; A³, région libéro-ligneuse de la tige, chez une plante développée dans l'eau; B¹, B², B³, chez une plante développée dans un milieu liquide contenant 10 pour 100 de glucose; C¹, C², C³, chez une plante développée dans l'air.

M. Molliard ([2]) a récemment montré, en opérant sur une plante non aquatique, le Radis, que l'immersion en milieu liquide riche en sucre rendait possible la différenciation de l'appareil stomatique suivant le type caractéristique des organes aériens. J'ai cultivé comparativement le *Veronica Anagallis* sous l'eau, dans un milieu aseptique liquide contenant 10 pour 100 de glucose, et enfin à l'air libre. L'étude des plantes développées dans ces trois conditions m'a conduit à constater que la présence de glucose

([1]) *Einleitung in die experimentelle Morphologie der Pflanzen*, Leipzig, 1908.
([2]) *C. R. Soc. Biol.*, 114, 1933, p. 1143.

à une forte concentration permet d'obtenir des plantes immergées présentant tous les caractères structuraux propres aux individus vivant dans l'air. Comme les plantes d'air, les plantes immergées dans le milieu glucosé se différencient des individus immergés dans l'eau par un faible développement des feuilles en surface B[1], la production de cellules épidermiques foliaires plus petites et à contours peu sinueux B[2], l'abondance des stomates, la différenciation de cellules palissadiques, l'accumulation plus importante d'amidon, une plus grande épaisseur des membranes, enfin par un fonctionnement beaucoup plus actif de l'assise génératrice libéro-ligneuse aussi bien dans la tige B[3] que dans les feuilles.

Ces résultats permettent de conclure que les organes immergés des plantes aquatiques doivent vraisemblablement leur structure particulière pour la plus grande part à la faible concentration de leurs tissus en matières organiques et notamment en glucides solubles.

A la suite de ses recherches relatives à l'action morphogène des sucres sur les végétaux, M. Molliard (¹) a été conduit à expliquer le déterminisme des structures particulières aux plantes vivant en atmosphère sèche par l'augmentation de la teneur en substances organiques que provoque ce milieu dans les tissus. Les résultats obtenus en opérant sur une espèce aquatique permettent d'étendre cette interprétation à d'autres conditions de vie : le milieu aérien semble agir sur la morphogénèse des plantes aquatiques par le même mécanisme que l'air sec agit sur celle des plantes adaptées à l'air humide, en orientant la partie du fonctionnement métabolique qui règle les phénomènes d'accumulation des glucides vers la production de fortes concentrations.

CHIMIE AGRICOLE. — *Sur le passage à l'état non échangeable du potassium dans les sols.* Note de M. **Raymond Chaminade**, présentée par M. Émile Schribaux.

L'addition aux sols de sels de potassium est suivie de la fixation de l'ion K^+ à l'état échangeable, c'est-à-dire déplaçable par d'autres cations. Ce phénomène instantané d'échange peut être suivi d'une évolution à allure plus lente, se traduisant par le passage du potassium à l'état non échangeable (²). Nous avons entrepris l'étude systématique de cette évolution que nous désignerons sous le nom de *rétrogradation du potassium.*

(¹) *Revue générale de Botanique*, 19, 1907, p. 241.

(²) Hoagland et Martin, *Soil Science*, 36, 1933, p. 1; Volk, *ibid.*, 37, 1934, p. 267.

20 sols d'origines différentes ont été placés au contact d'une solution de chlorure de potassium correspondant à 50^{mg} K^2O pour 100^g de sol. Deux semaines plus tard, le potassium échangeable a été déplacé par lessivage à l'aide de l'acétate d'ammonium en solution normale. Dans treize de ces sols, il y avait eu passage à l'état non échangeable d'une quantité de potassium représentant 10 à 29 pour 100 du potassium ajouté.

Nous avons montré que le phénomène de la rétrogradation était lié, non pas à la teneur des sols en potassium échangeable rapportée au sol entier, mais *à l'état de saturation en potassium du sol*, c'est-à-dire à sa richesse en potassium rapportée à la quantité totale de cations que le sol est susceptible de fixer à un pH déterminé.

Lorsque la teneur en potassium du sol tombe au-dessous d'un taux qui, évalué par rapport à la capacité de fixation à pH = 7, représente 4 pour 100 de celle-ci, le sol présente le phénomène de rétrogradation. Nous appelons *seuil de rétrogradation* du potassium la quantité de potassium rapportée à 100^g de sol au-dessus de laquelle la rétrogradation n'a plus lieu.

Nous avons établi l'existence du seuil de rétrogradation, non seulement par l'examen de sols naturellement plus ou moins riches en potassium, mais aussi dans un sol donné dont on faisait varier expérimentalement la teneur en potassium échangeable. C'est ainsi qu'un sol ne présentant pas le phénomène de la rétrogradation, soumis à l'épuisement par une culture de seigle, a présenté le phénomène, lorsque sa richesse en potassium est tombée au-dessous d'une valeur représentant 4 pour 100 de sa capacité de fixation à pH = 7.

D'autre part, nous avons examiné dans le même but un sol de limon présentant à un haut degré le phénomène de la rétrogradation et recevant chaque année, depuis 8 ans, une dose d'engrais potassiques correspondant à 250^{kg} K^2O par hectare. Nous avons dosé dans ce sol le potassium échangeable sur des échantillons prélevés chaque année en novembre. Voici les résultats obtenus :

Dates des prélèvements.	Teneur des sols en K^2O (mg K^2O par 100^g de sol).	K^2O °/$_0$ de la capacité d'échange à pH = 7.	Enrichissement annuel en potassium échangeable.
Novembre 1929........	13,7	2,2	–
» 1930........	15,4	2,5	1,7
» 1931........	17,3	2,8	1,9
» 1932........	20,1	3,2	2,8
» 1933........	22,4	3,6	2,3
» 1934........	24,7	3,9	2,3
» 1935........	30,9	4,9	6,2

Les enrichissements annuels du sol en potassium échangeable, jusqu'à l'année 1934, sont très inférieurs aux quantités ajoutées; les pertes de potassium par drainage étant négligeables, ces différences ne peuvent s'expliquer que par la rétrogradation d'une fraction importante du potassium ajouté.

Au contraire, le sol ayant atteint, en 1934, son « seuil de rétrogradation », l'enrichissement en potassium échangeable s'est brusquement élevé à une valeur très supérieure à celle des années précédentes. La totalité du potassium qu'on lui a incorporé est restée échangeable.

Le phénomène de la rétrogradation du potassium n'est pas particulier aux colloïdes des sols; c'est ainsi que la glauconie, espèce minérale dont les propriétés permutantes sont analogues à celles des argiles et qui se rencontre d'ailleurs fréquemment dans celles-ci, présente le phénomène avec une grande intensité. En plaçant, au contact de 100^g de ce minéral, une quantité de chlorure de potassium correspondant à 50^{mg} de K^2O, nous avons constaté, en un mois, une rétrogradation atteignant 89 pour 100 du potassium ajouté.

La rétrogradation du potassium présente, au point de vue agronomique, un intérêt considérable. Le potassium, en passant à l'état non échangeable, devient difficilement utilisable par la plante. La rétrogradation diminue ainsi l'efficacité des engrais potassiques dans les sols. Ce point de vue fera l'objet d'un mémoire spécial [1].

SÉROLOGIE. — *Recherches sur la substance spécifique des humeurs syphilitiques*. Note [2] de M. **Arthur Vernes**, présentée par M. Félix Mesnil.

Nous avons exposé ici [3] le plan général de nos recherches sur la syphilis.

1° Nous avons montré [4] que le sérum et le liquide céphalorachidien des syphilitiques contiennent une substance qui *peut être dosée comparativement d'un jour à l'autre*, et que, du nom du microbe *Treponema pallidum*

---

(1) *Annales agronomiques* (sous presse).

(2) Séance du 5 octobre 1936.

(3) *Comptes rendus*, 165, 1917, p. 769; 166, 1918, p. 575; 167, 1918, p. 383; 167, 1918, p. 500; 168, 1919, p. 247.

(4) *Introduction à l'étude des conditions expérimentales du traitement de la syphilis*, Paris, 1914.

de Schaudinn, nous avons appelée en 1914 (1) *substance pâle*, puis *pallidine*.

2° Nous l'avons dosée colorimétriquement, comme il a été dit ici, par comparaison avec des numéros de teintes, celles de notre échelle de 1910 (*loc. cit.*).

3° En nous appuyant sur les résultats ainsi obtenus, nous avons utilisé les modifications optiques qu'elle peut déterminer dans le mélange péréthynol-sérum et observé son action sur un faisceau lumineux dans un photomètre spécialement construit pour cet usage.

La diminution d'intensité lumineuse dont elle est la cause a pu, grâce au mode de construction du photomètre Vernes-Bricq-Yvon, être mesurée en densité optique sur une échelle de zéro à 150 degrés et au-dessus, les opérations restant à l'abri de toute influence ou coefficient personnel de l'opérateur (2).

4° En serrant de plus en plus près le problème, nous avons vu qu'il est possible de donner à la valeur photométrique, ainsi déterminée, une correspondance en poids.

En traitant par des solvants appropriés (acétone, éther sulfurique, eau) le précipité qui résulte de l'action du péréthynol (3) sur le sérum syphilitique, nous venons d'extraire la substance qui, introduite dans du sérum non syphilitique, le modifie de telle sorte qu'elle le fait agir comme un sérum syphilitique dans notre réaction photométrique.

Nous poursuivons nos travaux sur l'identification de cette substance, sa constitution moléculaire et ses caractéristiques physicochimiques.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la localisation du nickel dans les organes des mollusques lamellibranches.* Note (4) de M. **Robert Paulais**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Il est maintenant démontré que le nickel se rencontre de façon constante dans la terre arable (5), dans les végétaux (6) et les animaux (7). Parmi les

---

(1) Terrazas, *Comment doit être envisagé le traitement de la syphilis sous le contrôle colorimétrique de la méthode de Vernes* (*Thèse de Médecine*, Paris, 1914).

(2) A. Vernes, *Travaux et publications de l'Institut prophylactique*, fascicule 2, Paris, 1923; *Archives de l'Institut prophylactique*, 1, iv, 1929, p. 267.

(3) A. Vernes, *Comptes rendus*, 166, 1918, p. 575.

(4) Séance du 5 octobre 1936.

(5) G. Bertrand et M. Mokragnatz, *Comptes rendus*, 175, 1922, p. 112.

(6) G. Bertrand et M. Mokragnatz, *Comptes rendus*, 175, 1922, p. 458.

(7) G. Bertrand et M. Macheboeuf, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1380.

espèces animales étudiées par MM. G. Bertrand et Machebœuf, les mollusques lamellibranches se montrent les plus riches en nickel; nous avons recherché chez ceux-ci sa localisation dans les divers organes.

La faible teneur en nickel de ces organes (de l'ordre du demi-milligramme par kilogramme de matière fraîche) nécessite des prises d'essai importantes. Dans le but de réduire celles-ci le plus possible, nous avons utilisé une méthode de dosage permettant d'évaluer, avec une approximation satisfaisante, des quantités de nickel de l'ordre du millième de milligramme.

Nous nous sommes adressé à une réaction signalée par A. P. Rollet (¹), consistant en l'oxydation, par l'hypobromite d'ammonium, du composé de nickel-diméthyl-glyoxime; on obtient une coloration rouge orangée, encore nettement perceptible avec une solution renfermant 1^{γ} de nickel dans 10^{cm^3}.

Le dosage colorimétrique a été effectué au moyen de l'opacimètre à cellules photoélectrique de P. Meunier (²). L'erreur absolue de la mesure, pour des solutions renfermant de 1 à 10^{γ} de nickel dans 10^{cm^3} est de $0^{\gamma},05$. En se plaçant, par une dilution appropriée, dans une région convenable de la courbe, il est possible d'effectuer des dosages avec une erreur relative inférieure à 1 pour 100.

La matière organique a été détruite par voie humide, par la technique sulfonitro-perchlorique. Pour isoler le nickel du résidu minéralisé, nous avons utilisé la méthode dite du zincate de calcium (³) qui nous a seule donné des résultats satisfaisants. Elle consiste essentiellement à précipiter par la chaux, le zinc, le cuivre, le nickel et le cobalt contenus dans le résidu de destruction des organes, et amenés à l'état de solution ammoniacale. Nous avons vérifié que des quantités extrêmement faibles de Ni, de l'ordre de 1^{γ} dans 100^{cm^3} de liquide étaient intégralement précipitées dans ces conditions. On sépare ensuite le cuivre et le zinc par action de SH^2 en milieu chlorhydrique, puis citrique; le nickel et le cobalt sont séparés par l'action de la diméthylglyoxime.

Les principaux résultats obtenus sont les suivants :

(¹) *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 212.
(²) *Thèse Doct. Sciences phys.*, Paris, 1936.
(³) G. Bertrand et M. Mokragnatz, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, 33, 1923, p. 1539.

	Nickel en milligrammes par kilogramme	
	d'organes frais.	d'organes secs.
Mya arenaria.		
Siphons	0,191	0,960
Branchies	0,208	1,475
Manteau	0,164	0,910
Hépato-pancréas	0,234	1,110
Pied et organes génitaux	0,083	0,445
Muscle	0,037	0,200
Pecten maximus.		
Branchies et manteau	0,148	1,600
Hépato-pancréas	0,258	1,280
Pied et organes génitaux	0,054	0,315
Muscle	non décelé dans 45g d'organe frais	
Gryphea angulata.		
Branchies	0,213	1,295
Manteau	0,133	0,935
Hépato-pancréas et organes génitaux	0,170	1
Scrobicularia piperata.		
Siphons, branchies, manteau	0,438	2,40
Hépato-pancréas	0,940	4,35
Pied et organes génitaux	0,150	0,725
Cardium edule.		
Branchies et manteau	1,755	14,95
Pied et organes génitaux	1,585	13,40
Hépato-pancréas	3,01	23,45

Les organes les plus riches sont les branchies et l'hépato-pancréas; le muscle est pauvre, fait déjà vérifié pour d'autres éléments comme Fe, Mn, Cu, Zn.

Le *Cardium edule* présente une teneur inattendue. Ce fait n'est pas accidentel; nous l'avons vérifié en effectuant d'autres analyses sur des individus entiers; nous avons obtenu les résultats suivants :

Cardium edule.		
Individu entier sans coquille	4,21	24,4
» » » »	3,06	19,5

A quel état se trouve le nickel ainsi engagé dans la matière vivante? C'est la question que nous allons essayer de résoudre.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *De la répartition du manganèse et du fer dans quelques conifères de la province de Québec.* Note de MM. **Paul Riou**, **Gérard Delorme** et **Hormisdas**.

Nous avons continué notre étude sur la répartition du manganèse et du fer dans les conifères du Québec, en dosant ces métaux dans le cèdre (*Thuja occidentalis*), le sapin (*Abies balsamea*) et la pruche (*Tsuga canadensis*). Notre étude de ces arbres porte sur les mêmes organes que ceux que nous avons déjà étudiés dans les pins ([1]), c'est-à-dire l'écorce, l'aubier, le cœur, les rameaux, les feuilles et les fruits. Les six échantillons de chaque essence, que nous avons analysés, proviennent tous de la province du Québec. Ils ont été coupés en pleine forêt en divers endroits très éloignés les uns des autres pour englober les diverses conditions de croissance.

La méthode d'analyse employée est la même que celle que nous avons indiquée dans notre Note sur les pins. Le manganèse est dosé au persulfate et le fer au sulfocyanure de potassium. Les résultats analytiques exprimés ci-dessous sont basés sur la matière séchée à l'étuve :

Cèdre (*Tuja occidentalis*).

	Cendres.	Fer.	Manganèse.	Fer + manganèse.
	%	%	%	%
Écorce	8,54	0,015	0,0022	0,0172
Rameaux	3,22	0,.15	0,0022	0,0172
Feuilles	3,98	0,018	0,0075	0,0255
Aubier	0,59	0,0037	0,0010	0,0047
Cœur	0,45	0,0029	0,0000	0,0029
Fruits	3,35	0,0110	0,0053	0,0163

Nous remarquons que dans cette espèce la teneur en fer est supérieure à celle du manganèse dans toutes les parties de l'arbre et de plus que le manganèse n'existe pas dans le bois de cœur.

([1]) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1811.

SAPIN (*Abies balsamea*).

	Cendres.	Fer.	Manganèse.	Fer + manganèse.
	%	%	%	%
Écorce	2,84	0,0107	0,0280	0,0387
Rameaux	2,70	0,0152	0,0151	0,0303
Feuilles	3,45	0,0145	0,0273	0,0418
Aubier	0,42	0,0024	0,0049	0,0073
Cœur	0,78	0,0021	0,0097	0,0118
Fruits	2,41	0,0080	0,0107	0,0187

PRUCHE (*Tsuga canadensis*).

	Cendres.	Fer.	Manganèse.	Fer + manganèse.
	%	%	%	%
Écorce	2,66	0,0064	0,0263	0,0327
Rameaux	1,95	0,0108	0,0209	0,0317
Feuilles	3,18	0,0153	0,0274	0,0427
Aubier	0,62	0,0023	0,0100	0,0123
Cœur	0,89	0,0016	0,0140	0,0156
Fruits	1,33	0,0206	0,0125	0,0331

Nous remarquons que la pruche contient plus de manganèse que le cèdre, tandis que ce dernier est plus riche en fer.

Les chiffres ci-dessus confirment en tous points les conclusions que nous avons données dans la Note sur les pins du Québec. Il semble qu'ils les justifient encore plus nettement.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Action stérilisante de la chloropicrine sur les œufs de la punaise des lits* (Cimex lectularius *Mer.*). Note de MM. **Hugues Gounelle** et **Yves Raoul**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

En 1919, G. Bertrand a montré, en collaboration avec Brocq-Rousseu et Dassonville ([1]), qu'en vertu de ses propriétés parasiticides très intenses, la chloropicrine, utilisée à une concentration de 4 à 10^{g} par mètre cube maintenue 4 heures, permet la destruction de la punaise des lits.

La chloropicrine ayant été utilisée comme gaz de combat, on pouvait craindre quelque danger pour les manipulateurs chargés de la répandre.

([1]) *Comptes rendus*, 169, 1919, p. 880 et 1428.

G. Bertrand, par des expériences réalisées dans les conditions pratiques de son emploi, montra qu'il n'en est rien. C'est ainsi que le port du masque, s'il est recommandable, n'est même pas indispensable pour un personnel exercé qui réalise le transvasement du produit à l'air libre en disposant les récipients aussi bas que possible et en se plaçant par rapport à ces récipients du côté d'où vient le vent.

Au sujet de la résistance particulière des œufs, les auteurs précités écrivaient : « Au cas où les œufs ne seraient pas détruits, la durée d'éclosion étant environ de 8 jours, un nouveau traitement devra être institué deux semaines après le premier, pour assurer la destruction des générations nouvelles. »

Depuis cette époque, en réalité, les nombreuses opérations effectuées dans des hôpitaux, des casernes, des navires, etc. ont toujours donné un résultat entièrement satisfaisant en une seule fois. Cependant la généralisation de l'emploi de la chloropicrine rencontre encore des résistances. Certains n'accordent pas la préférence à la chloropicrine, n'étant pas convaincus de l'action stérilisante sur les œufs. D'après leur opinion, la membrane chitineuse de l'œuf de *Cimex* offre à l'embryon une barrière de protection particulièrement efficace, que les parasiticides, jusqu'à ce jour, se sont trouvés en pratique impuissants à franchir. En fait, nous-mêmes, dans un local qui venait d'être désinfecté la veille par la nitrosulfuration, avons récolté un lot de 43 œufs parmi lesquels, après 9 jours, 6 avaient éclos.

Le but de notre présent travail a été de préciser l'action stérilisante de la chloropicrine sur les œufs.

Nous avons obtenu des œufs par grattage méthodique des cordages de sommiers parasités. Après plusieurs essais préliminaires concluants ayant porté sur les poussières ainsi obtenues et des cordages infestés, nous avons trié et conservé les œufs ayant toutes les apparences de devoir éclore normalement, ce que l'on reconnaît à leur aspect bistre et par endroits irisé.

300 de ces œufs sont disposés dans des boîtes de Petri par lots de 25, réduits à 23 œufs après les prélèvements pour détermination de Ph dont il est question plus loin, soit : 4 lots témoins n°s 1, 2, 3, 4; puis 4 lots soumis à un atmosphère de 5^{g} de chloropicrine par mètre cube pendant 48 heures, n°s 5, 6, 7, 8; enfin 4 lots soumis à une atmosphère de 10^{g} par mètre cube pendant 48 heures, n°s 9, 10, 11, 12.

Les boîtes sont placées dans de grands bocaux où l'atmosphère toxique est créée en laissant couler le long des parois, à l'aide d'une pipette, la quantité calculée de chloropicrine; les bocaux sont bouchés et soigneuse-

ment parafinés. L'ouverture se fait à l'air libre; les boîtes de Petri sont enlevées et replacées avec les témoins, examinées à la loupe et les jeunes punaises nées sont recensées.

Les numérations faites sont résumées dans le tableau suivant :

	Jours...	2.	6.	7.	9.	13.	14.	19.	22.	29.	46.	96.	
	Lots.	Nombre de naissances.											
1° Témoins.	1......	0	5	2	1	0	0	0	0	0	0	0	8
	2......	10	2	4	0	0	0	1	0	0	0	0	17
	3......	5	3	1	3	1	1	0	0	0	0	0	14
	4......	2	6	4	0	0	0	0	0	0	0	0	12
	Soit, au total, sur 92 œufs : naissances.........												51

2° 5g par mètre cube : 5, 6, 7, 8 .... } Aucune naissance.
3° 10g par mètre cube : 9, 10, 11, 12 .... } Aucune naissance.

A noter dans les lots 9 et 10, entre la période de triage et l'action de l'atmosphère toxique, la naissance d'une punaise retrouvée tuée après l'opération.

Par ailleurs, nous avons voulu voir si la chloropicrine avait un effet sur le milieu intérieur de l'œuf; l'acidité de ce milieu nous a paru le test le plus accessible. Nous avons mesuré le Ph avant et après chloropicrination sur les œufs prélevés dans les lots précédents :

Témoins.	Lots.	Ph.	
Première expérience.	1........	5,8	
	2........	5,4	
Deuxième expérience.	1........	5,6	5,0
	2........	5,0	4,9
	3........	4,8	4,7
	4........	4,6	5,0
	Moy.....	5,08	

Traités.	Lots.	Ph.	
Première expérience.	4.......	4,9	–
Deuxième expérience.	5.......	4,4	4,5
	7.......	4,6	4,6
	8.......	4,4	4,5
	9.......	4,6	4,7
	10.......	4,5	4,4
	11.......	4,7	4,6
	12.......	4,6	4,5
	Moy.....	4,56	

Le Ph moyen de l'œuf témoin passe après chloropicrination de 5,08 à 4,56. Il appert ainsi que l'action de la chloropicrine est suivie d'une acidification du milieu intérieur de l'œuf.

Nos expériences montrent, en résumé, que l'action stérilisante de la chloropicrine sur l'œuf de *Cimex* est certaine.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Hydrolyse fermentative de quelques glucosides-β d'alcools tertiaires*. Note de M. **Stig Veibel** et Mme **Hanne Lillelund**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

L'un de nous vient de décrire des expériences qui ont prouvé : 1° que le β-*d*-glucoside du triméthylcarbinol, premier chaînon des alcools tertiaires, est hydrolysé si lentement par l'émulsine qu'il se range parmi les glucosides dits *inhydrolysables* (1); 2° que le poids moléculaire de l'alcool, comme l'arrangement des atomes ou groupes d'atomes dans la molécule, peut exercer un effet considérable sur la vitesse d'hydrolyse des glucosides (2); et 3° que l'éthyl-β-*d*-glucoside est hydrolysé à peu près deux fois plus vite que le méthyl-β-*d*-glucoside (3).

En vue de ces faits nous nous sommes proposé d'examiner l'effet qu'on obtient en échangeant dans le triméthylcarbinol-β-*d*-glucoside simultanément les groupes de méthyle contre ceux d'éthyle, c'est-à-dire quelle valeur ont les constantes de vitesse d'hydrolyse des glucosides de l'hydrate d'amylène, du méthyl-diéthylcarbinol et du triéthylcarbinol.

Pour cela nous avons préparé les trois glucosides mentionnés, dont nous indiquons ici les points de fusion et les pouvoirs rotatoires spécifiques; les préparations seront décrites plus tard.

	Glucosides de l'hydrate d'amylène.	Glucosides du méthyl-diéthyl-carbinol.	Glucosides du triéthyl-carbinol.
F.	127-128°	110-111°	96°,5-97°,5
$[\alpha]_D^{20}$	−17°,90	−16°,95	−13°,44

Pour le glucoside de l'hydrate d'amylène, qui est le seul des trois glucosides qui ait été mentionné antérieurement, Fischer et Raske (4) indiquent F. 126-127° et $[\alpha]_D^{20} - 17°,0 \pm 0°,2$

Des combustions ont prouvé que les deux premiers glucosides sont anhydres, tandis que le troisième cristallise avec 1^mol d'eau. Celle-ci est enlevée par dessiccation dans le vide sur P^2O^5 à la température ordinaire, et regagnée très vite, si on laisse le glucoside sans le préserver contre l'humidité de l'air.

(1) Veibel et Nielsen, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 126.
(2) Veibel et Eriksen, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 390.
(3) Veibel et Eriksen, *Kgl. d. Vid. Slsk. math.-fys. Medd.*, 13, n° 17, 1936.
(4) *Ber. dtsch. chem. Ges.*, 42, 1909, p. 1465.

Les expériences d'hydrolyse sont faites comme nous l'avons décrit antérieurement (¹).

Glucoside d'hydrate d'amylène.

Glucoside : $0^m,0400$. Émulsine : $0^g,272$ dans 50^{cm^3}. Sal. f. : 0,044. $\alpha_{Em.} = -0°,530$. $\Delta\alpha_{tot.}$: 0°,945. Toluène ajouté : 1^{cm^3}.

t (min.).	$\alpha_{gluc.}$	$c - x$.	$k.10^4$.
0	−0,325	0,945	–
1440	−0,175	0,795	0,52
2880	−0,060	0,680	0,50
4320	+0,040	0,580	0,49
5760	+0,115	0,505	0,47
7200	+0,175	0,445	0,45
		Moyenne	0,49

k/e (sal. f.) = $0,41.10^{-2}$.

Glucoside de méthyl-diéthyl-carbinol.

Glucoside : $0^m,0400$. Émulsine : $0^g,303$ dans 50^{cm^3}. Sal. f. : 0,044. $\alpha_{Em.} = -0°,590$. $\Delta\alpha_{tot.}$: 0°,935. Toluène ajouté : 1^{cm^3}.

0	−0,315	0,935	–
180	−0,130	0,750	5,32
360	+0,020	0,600	5,35
540	+0,140	0,480	5,36
780	+0,230	0,390	4,76
1440	+0,410	0,210	4,50
		Moyenne	5,1

k/e (sal. f.) = $3,8.10^{-2}$.

Glucoside de triéthyl-carbinol.

Glucoside : $0^m,0400$. Émulsine : $0^g,303$ dans 50^{cm^3}. Sal. f. : 0,044. $\alpha_{Em.} = -0°,590$. $\Delta\alpha_{tot.}$: 0°,905. Toluène ajouté : 1^{cm^3}.

0	−0,285	0,905	–
180	−0,180	0,800	2,98
360	−0,100	0,720	2,76
540	−0,060	0,680	2,30
780	+0,055	0,565	2,62
1440	+0,115	0,505	1,76
2160	+0,185	0,435	1,47
2880	+0,270	0,350	1,43
		Moyenne	2,2

k/e (sal. f.) = $1,7.10^{-2}$.

Pour le triéthyl-carbinol-β-*d*-glucoside, il y a un fort déclin dans les constantes. A l'aide des expériences d'hydrolyse avec addition du triéthyl-

(¹) VEIBEL, *Biochem. Journ.*, 28, 1934, p. 1733.

carbinol aux solutions il a été possible de montrer que le déclin est dû à la très grande affinité du carbinol pour le ferment, la valeur de K_M pour le carbinol étant 50 environ.

On voit qu'il y a des différences considérables entre les constantes d'hydrolyse des trois glucosides.

En comparant, d'un côté, les constantes de vitesse d'hydrolyse des glucosides des alcools suivants : méthyl-éthyl-, isopropyl- et butyl tert., d'un autre côté, les constantes de vitesse d'hydrolyse des glucosides des carbinols suivants : triméthyl-, diméthyl-éthyl, méthyl-diéthyl- et triéthyl-, on voit que la constante de vitesse est petite si l'atome de carbone porteur de la liaison glucosidique est, en même temps, lié à trois atomes où groupes d'atomes identiques.

Glucoside	$10^2.k/e.$(sal. f.)	Glucoside	$10^2.k/e.$(sal. f.)
Méthyl	3,6 [1]	Triméthylcarb.	0,02
Éthyl	7,6 [1]	Diméthyléthylcarb.	0,4
Isopropyl	19,1 [2]	Méthyldiéthylcarb.	3,8
Triméthylcarb.	0,02 [3]	Triéthylcarb.	1,7

(Toluène ajouté en tous les cas).

Nous continuerons nos expériences pour voir s'il en est de même pour d'autres séries de glucosides.

IMMUNOLOGIE. — *Sur la coexistence possible de l'antigène somatique* O *complet et de l'haptène polysaccharidique correspondant (antigène résiduel), chez certaines bactéries.* Note [4] de M. **André Boivin**, présentée par M. Félix Mesnil.

Chez les *Salmonella*, comme chez les colibacilles, il est de règle que les corps bactériens vivants (culture sur gélose âgée de plus de 20 heures) ne renferment pas trace d'haptène polysaccharidique libre, en addition à l'antigène somatique O complet, et que les mêmes bactéries, cultivées sur bouillon (culture âgée au plus de 20 heures), n'abandonnent au milieu ni haptène ni antigène complet. Pourtant nous avons rencontré un colibacille, C_{60}, qui fait exception à cette règle : dans les corps bactériens

(1) Veibel et Eriksen, *Kgl. d. Vid. Slsk. math. fys. Medd.*, 13, n° 17, 1926.
(2) Veibel, non publié.
(3) Veibel et Nielsen, *loc. cit.*
(4) Séance du 5 octobre 1936.

vivants coexistent antigène complet et haptène et, dans les cultures toutes jeunes sur bouillon, on voit l'haptène diffuser des corps bactériens dans le milieu ([1]). Nous appellerons C_{60}^{α} cette souche particulière, pour la distinguer des variantes que nous avons pu en faire dériver, comme nous allons l'exposer ci-dessous.

Pour provoquer l'apparition de variantes, nous avons eu recours à une méthode utilisée primitivement par J. Bordet et M. Ciuca ([2]) sur le colibacille et mise en œuvre récemment par M. Ciuca, L. Mesrobeanu et G. Badenski ([3]) sur le bacille d'Aertrycke. Nous avons cultivé C_{60}^{α} sur gélose ordinaire, pendant 48 heures à 37°; nous avons recueilli stérilement environ 5^{g} de bactéries (poids frais), que nous avons mis en suspension dans 500$^{cm^3}$ de bouillon stérile. La suspension a été abandonnée pendant 40 jours à 37°. Au bout de ce temps, nous avons repiqué sur plaques de gélose, ce qui nous a permis de caractériser trois types de colonies.

Le premier type était constitué par les bactéries C_{60}^{α} ayant conservé toutes leurs caractéristiques initiales. Les deux autres types répondaient à des variantes que nous désignerons par C_{60}^{β} et C_{60}^{γ}. C_{60}^{α} donne sur gélose des colonies de taille moyenne, opaques, lisses et à contour régulièrement arrondi; C_{60}^{β} donne des colonies un peu plus petites, translucides, lisses et à contour régulièrement arrondi (aspect *smooth* franc); C_{60}^{γ} donne des colonies plus grandes que celles de C_{60}^{α}, très rugueuses et à contour extrêmement irrégulier (aspect *rough* franc). Sous l'aspect de la trypaflavine, C_{60}^{α} et C_{60}^{β} ne sont pas agglutinées, tandis que C_{60}^{γ} s'agglutine énergiquement. C_{60}^{γ} ne renferme aucune trace d'antigène complet ou d'haptène. C_{60}^{β} contient de l'antigène complet, qui représente en moyenne 5,9 pour 100 du poids des substances bactériennes sèches (dosage après action combinée de la trypsine et de l'acide trichloracétique) ([4]), mais ne renferme pas d'haptène polysaccharidique libre et ne livre au bouillon aucune trace de l'haptène en question. C_{60}^{α} au contraire, renferme seulement 2,6 pour 100 d'antigène complet, mais cette substance s'accompagne d'une importante

([1]) Voir à ce sujet nos publications antérieures et spécialement : *Comptes rendus*, **201**, 1935, p. 168 (en collaboration avec L. Mesrobeanu); *C. R. Soc. Biol.*, **120**, 1935, p. 1276 et 1279 (en collaboration avec L. Mesrobeanu, G. et A. Magheru).

([2]) *C. R. Soc. Biol.*, **84**, 1921, p. 747.

([3]) *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 1314.

([4]) A. Boivin et L. Mesrobeanu, *Revue d'Immunologie*, **1**, 1935, p. 553. Se reporter à ce Mémoire pour toutes les techniques mises en œuvre dans l'étude de l'antigène complet et de l'haptène libre.

quantité d'haptène polysaccharidique libre; l'haptène diffuse activement des corps bactériens dans le milieu, lorsqu'on cultive la bactérie sur bouillon. L'antigène complet extrait de C_{60}^{α} (et privé de l'haptène libre par une dialyse très prolongée, à travers du collodion de haute perméabilité) et l'antigène complet extrait de C_{60}^{β} présentent la même constitution chimique (identité de la teneur en sucres : 39 pour 100, et en acides gras : 19 pour 100), la même toxicité pour la souris et la même spécificité vis-à-vis des sérums antibactériens préparés soit avec C_{60}^{α} et C_{60}^{β}. On peut donc conclure à leur identité.

En résumé, on se trouve en présence d'une variante *rough* franche C_{60}^{γ}, qui ne contient pas d'antigène O complet ni d'haptène, et d'une variante *smooth* franche C_{60}^{β}, qui contient de l'antigène O complet, sans adjonction d'haptène libre; ces deux variantes répondent ainsi à la règle générale valable pour les *Salmonella* et les colibacilles. Quant à la variante exceptionnelle C_{60}^{α}, qui renferme à la fois de l'antigène complet et de l'haptène libre, elle peut être rapprochée des bactéries encapsulées, bien qu'elle ne présente aucune capsule morphologiquement visible. En effet, les capsules bactériennes sont usuellement constituées par des polysaccharides spécifiques, libres de toute union lipidique. Qu'une bactérie produise en abondance de tels polysaccharides spécifiques libres et que ceux-ci, au lieu de s'accumuler autour de la bactérie, diffusent dans le milieu ambiant d'une façon suffisamment active pour empêcher toute formation de capsule visible, et l'on atteint l'état de choses présenté par C_{60}^{α}. Avec le passage de C_{60}^{β} à C_{60}^{α}, on a un exemple nouveau de variation bactérienne, mais celle-ci cependant ne retentit pas sur le comportement sérologique de la bactérie, contrairement à ce qui a lieu dans les variations classiques, qui font passer les bactéries de la forme mobile à la forme immobile, ou de la *phase spécifique* à la *phase non spécifique*, ou enfin de la forme *smooth* à la forme *rough*.

A 15ʰ55ᵐ l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16ʰ15ᵐ.

E. P.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 19 OCTOBRE 1936.

PRÉSIDENCE DE M. EMMANUEL LECLAINCHE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Secrétaire perpétuel** dépose sur le bureau le Volume du *Jubilé* Louis Lumière, 6 novembre 1935.

M. **William Bowie** fait hommage à l'Académie de son Mémoire *Geodetic Operations in the United States* 1933-1935.

M. **Jules Schokalsky**, Correspondant de l'Académie, adresse l'expression de ses condoléances à l'occasion de la perte de M. *J.-B. Charcot*.

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de la Santé publique et de l'Éducation physique** invite l'Académie à désigner un de ses membres qui fera partie de la *Commission permanente des stations hydrominérales, climatiques et uvales*, en remplacement de M. *A. d'Arsonval*, rééligible.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Code universel des Couleurs*, par E. Séguy. (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

2° *Calcul numérique de transformations linéaires par la méthode des bandes mobiles* (Applications astronomiques), par le R. P. de la Villemarqué, S. J. (Présenté par M. Maurice d'Ocagne.)

3° *La connaissance sensorielle et les problèmes de la vision*, par Henri Piéron. (Présenté par M. Louis Lapicque.)

M. **Étienne Foëx** prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la place vacante dans la Section d'Économie rurale par le décès de M. *Pierre Viala*.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Détermination générale des lois limites.* Note de M. **Paul Lévy**, présentée par M. Jacques Hadamard.

1. Nous dirons avec M. Khintchine qu'une loi $\mathcal{L}$, dont dépend une variable aléatoire réelle S, est une *loi limite*, si l'on peut déterminer une suite de variables aléatoires indépendantes $X_n (n = 1, 2, \ldots)$, et une suite de constantes c_n, positives, indéfiniment croissantes, de manière que $\lim c_{n+1}/c_n = 1$, et que $\sum_1^n X_\nu / c_n$ dépende d'une loi tendant vers la loi $\mathcal{L}$.

Les restrictions relatives aux c_n équivalent à la condition

$$\lim_{n \to \infty} \operatorname*{Max}_{\nu \leq n} \Pr. \left\{ |X_\nu| \leq \varepsilon \left| \sum_1^n X_h \right| \right\} = 1$$

(pour tout ε positif) (¹). Sans ces restrictions, n'importe quelle loi serait une loi limite.

Théorème. — *La condition nécessaire et suffisante pour que $\mathcal{L}$ soit une loi limite est que :* 1° *$\mathcal{L}$ soit une loi indéfiniment divisible* (condition nécessaire trouvée par M. Khintchine); 2° *la variable* S *dépendant de la loi $\mathcal{L}$ puisse, quel que soit* λ *entre* 0 *et* 1, *être mise sous la forme* $\lambda(X + Y)$, X *et* Y *étant*

(¹) C'est sous cette forme que M. Khintchine, dans une lettre qu'il m'a écrite en juin 1936, avait posé le problème des lois limites, ajoutant qu'elles constituent une classe comprenant toutes les lois stables et comprise dans la classe des lois indéfiniment divisibles. Mes résultats antérieurs sur l'arithmétique des lois indéfiniment divisibles m'ont permis de lui répondre tout de suite en lui indiquant la solution que je publie aujourd'hui.

indépendants, X *dépendant de la loi* $\mathcal{L}$ *et* Y *d'une loi indéfiniment divisible.*

En d'autres termes, *à l'intérieur du groupe des lois indéfiniment divisibles*, la loi $\mathcal{L}$ est, quel que soit λ entre 0 et 1, divisible par celle dont dépend λS.

On sait que la forme générale des lois indéfiniment divisibles est

$$\log \mathfrak{M}\{e^{izS}\} = miz - \frac{\sigma^2 z^2}{2} + \left(\int_{-\infty}^{0} + \int_{0}^{\infty}\right)\left(e^{izu} - 1 - \frac{izu}{1+u^2}\right) dF(u),$$

F(u) étant, pour chaque signe de u, une fonction non décroissante, et telle que l'intégrale où elle figure soit convergente. *La condition pour que la loi* $\mathcal{L}$ *soit une loi limite est que* F(u), *pour* $u < 0$, *et* $-$F(u), *pour* $u > 0$, *soient des fonctions convexes de* $\log|u|$.

Les lois limites forment un groupe.

L'extension au cas de l'espace euclidien à n dimensions est immédiate. On sait que la définition des lois indéfiniment divisibles dans cet espace fait intervenir, pour chaque cône $\mathcal{C}$ ayant son sommet à l'origine, une fonction F(r) qui remplace la fonction F(u) ci-dessus (r est la distance à l'origine). La condition pour que la loi considérée soit limite est que, quel que soit $\mathcal{C}$, $-$F(r) soit une fonction convexe de $\log r$.

2. Deux Notes récentes parues dans ces *Comptes rendus* me conduisent à rappeler ma priorité sur deux points :

1° Dans une conférence faite en janvier 1924, publiée en 1925 dans la *Revue de Métaphysique et de Morale*, et reproduite dans mon *Calcul des Probabilités*, j'ai étudié les lois de probabilité dans les ensembles abstraits. J'ai montré que la définition d'une telle loi par une partition implique la possibilité d'une représentation linéaire, et indiqué brièvement l'application au cube à une infinité de dimensions. Il s'agit d'une question si simple qu'une brève indication m'avait paru suffisante.

De nombreux auteurs, et notamment à deux reprises M. Steinhaus ([1]), ont depuis retrouvé la possibilité d'une telle représentation. Je ne m'étais pas occupé du caractère que présentent, *au point de vue de la continuité*, les diverses représentations possibles. Mais, *au point de vue de la théorie de la mesure*, je n'ai pas l'impression qu'ils aient rien ajouté à ce que j'avais, sans doute sous une forme trop concise, indiqué en 1924.

2° Je ne m'explique pas pourquoi M. Alberto González Domínguez (p. 577 du présent volume) conteste que j'aie donné une condition néces-

---

([1]) *Studia Mathematica*, 2, 1930, p. 21-39; *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1961.

saire et suffisante pour la convergence vers une limite de lois de probabilité à une variable définies par leurs fonctions caractéristiques. J'ai reconnu, à l'occasion de la rédaction d'un livre qui doit paraître prochainement, qu'on peut à la fois simplifier la démonstration par l'application de la notion d'ensemble compact et préciser le résultat obtenu; ce résultat était rédigé depuis peu de temps lorsqu'a paru une Note de M. V. Glivenko qui m'enlève la priorité sur ce point, mais non sur mon ancien théorème.

GÉOMÉTRIE PROJECTIVE DIFFÉRENTIELLE. — *Surfaces dont les asymptotiques de l'un ou l'autre système appartiennent à des complexes linéaires.* Note de M. **Bertrand Gambier.**

1. Nous partirons de deux théorèmes devenus classiques : le premier, dû à M. Picard :

Si les génératrices d'une surface réglée R *appartiennent à une congruence linéaire, les asymptotiques curvilignes de* R *appartiennent aux divers complexes linéaires du faisceau déterminé par cette congruence.*

Le second est le célèbre *théorème de permutabilité des transformations asymptotiques de Bianchi* :

« Si l'on connaît deux transformées asymptotiques (M_1), (M_2) d'une même surface (M), on en déduit par quadratures deux séries ∞^1 de surfaces (M^*) et (M_1^*), telles que chaque surface (M^*) [dont (M) est l'une] admette toutes les (M_1^*) comme transformées asymptotiques [(M_1), (M_2) étant deux des surfaces (M_1^*)], les points homologues d'une même série étant alignés sur une même droite, axe du faisceau des plans tangents aux surfaces de la seconde série aux points homologues alignés sur la droite homologue. »

2. Soit R une surface réglée *quelconque;* les tangentes à R aux divers points d'une même génératrice G engendrent une congruence linéaire à directrices confondues avec G; si S est une transformée asymptotique de R, telles que les asymptotiques homologues des droites G soient curvilignes, la surface réglée R(G) formée par les rayons joignant les points de G aux points homologues de S admet l'asymptotique de S, A(G) homologue de G, pour asymptotique, de sorte que, d'après le théorème de M. Picard, A(G) *appartient à un complexe linéaire.* Corrado Segre a d'ailleurs donné une démonstration géométrique, légèrement différente de cette propriété (pour bibliographie, consulter la *Géométrie projective diffé-*

rentielle de Fubini et Čech, édition italienne, t. I, Chap. V, p. 243-294, et t. II, Note de M. Terracini, p. 771-782).

3. D'après ce qui précède, toute transformée asymptotique d'une quadrique Q a ses asymptotiques appartenant chacune à un complexe linéaire. Partons donc *a priori* d'une quadrique Q rapportée d'une façon quelconque à ses génératrices (u, v) et établissons une correspondance $[(u, v); (U, V)]$ entre les points M, M′ de cette quadrique, U étant une fonction arbitraire de u, et V de v. Soient M_1, M_2 les points (U, v) et (u, V) de Q; *nous connaissons ainsi deux transformations asymptotiques de Q en elle-même*, (M, M_1) et (M, M_2), avec deux autres transformations (M', M_1), (M', M_2) qui sont des cas particuliers de celles que doit fournir le théorème de Bianchi à partir des deux premières.

Nous obtenons donc par une seule quadrature de différentielle totale deux séries ∞^1 *de surfaces* (M^*) *et* (M_1^*) *dont les asymptotiques appartiennent toutes à des complexes linéaires*. Le calcul est immédiat si M est le point $(u, v, uv, 1)$ et $M^*(u+\lambda U, v+\lambda V, uv+\lambda UV, 1+\lambda)$, où λ est une certaine fonction de (u, v), que l'on détermine en exprimant que le plan tangent en M^* contient M_1, M_2; d'où la *condition nécessaire et suffisante*

$$\frac{d\lambda}{\lambda}+\frac{dU+du}{U-u}+\frac{dV+dv}{V-v}=0.$$

On a des *formules dégagées de toute quadrature* en prenant $U=u-2U_1/U'_1$ et $V=v-2V_1/V'_1$; d'où $\lambda=CU'_1V'_1$, C désignant une constante arbitraire, dont la variation fournit le premier système (M^*) annoncé. Pour le second, il suffit de supposer que M_1^* est $(u+\mu U, V+\mu v, uV+\mu Uv, 1+\mu)$, ce qui revient simplement à remplacer λ par μ, V par v et l'on a

$$\frac{d\mu}{\mu}+\frac{dU+du}{U-u}+\frac{dv+dV}{v-V}=0; \qquad \text{d'où} \quad \mu=\frac{C'U'}{V'_1},$$

C′ étant une nouvelle constante arbitraire.

4. Ce qui précède est établi indépendamment de tous les travaux antérieurs, relatifs aux surfaces indiquées en tête de cette Note. Mais, pour pouvoir affirmer que nous avons ainsi trouvé non pas seulement *des* surfaces du type en jeu, mais effectivement *les* surfaces en jeu (ou plus précisément *les* surfaces de l'*une des familles* en lesquelles ses surfaces se séparent), il est nécessaire de revenir aux travaux antérieurs, qui prouvent, par le calcul, que toutes les surfaces de ce type sont transformables asymptotiquement de deux façons en une quadrique (unique). En rassemblant les

résultats de cette Note et les travaux antérieurs, on a donc une construction *nécessaire et suffisante*. Seul M. Terracini, dans le travail cité, a établi *géométriquement* les deux résultats complémentaires l'un de l'autre, en employant des considérations de l'espace à cinq dimensions ou de métrique elliptique; les formules explicites qu'il a données ne s'appliquent qu'à une surface *isolée*, à savoir celle que l'on obtient dans la série M_1^* pour $C' = -1$, tandis qu'ici *nous avons donné les formules, jusqu'ici inédites, donnant les deux séries de* ∞^1 *surfaces associées, déterminées par une seule d'entre elles.*

5. M. Terracini a distingué trois classes de surfaces; celles de cette Note sont les surfaces de la première classe. Aux travaux antérieurs, il faut ajouter ceux de M. Buchin Su (¹) qui a fait remarquer que M_1M_2 et MM' sont les *directrices de Wilczynski de chaque surface obtenue*; on peut établir ceci par des considérations plus délicates de géométrie, en même temps que le résultat complémentaire : *chaque surface* (M^*) *ou* (M_1^*) *admet la quadrique* Q *comme enveloppe de ses quadriques de Lie* (chaque quadrique de Lie donne, comme l'on sait, quatre points caractéristiques, autres que le point de contact avec la surface).

GÉOMÉTRIE. — *Sur les quadriques homofocales.*
Note de M. **David Wolkowitsch**, présentée par M. Maurice d'Ocagne.

La présente Note montrera combien peut être fécond l'emploi de la notion de moment d'inertie dans les questions où interviennent les quadriques homofocales.

Soient un plan P et une droite D, normaux, A leur intersection, I_P, I_D, I_A les moments d'inertie relatifs à chacun des éléments précédents; on a

$$I_P + I_D = I_A;$$

ainsi, si deux des I sont constants, le troisième l'est également.

Rappelons, en outre, qu'une sphère est un lieu de points A tels que $I_A = \text{const.}$, qu'une quadrique appartenant à une famille homofocale est une enveloppe de plans P tels que $I_P = \text{const.}$, et que les droites D pour lesquelles $I_D = \text{const.}$ appartiennent à un complexe de Painvin.

I. Soit A un point commun à la surface des singularités du complexe Ω

(¹) *Proceedings of the Physic. Math. Soc. of Japan*, 3ᵉ série, **17**, 1935, p. 234-239.

et à une courbe Γ, dont les tangentes, droites du complexe, sont des droites $I_D = k$.

Par A passe une courbe C, intersection de deux quadriques, homofocales de la quadrique génératrice du complexe, et de paramètres $+\lambda$ et $-\lambda$; C, elle aussi, est une courbe dont les tangentes sont des droites $I_D = k$.

Par suite les plans normaux en A, à T et à C sont tangents à la troisième quadrique homofocale passant par A; ils sont donc nécessairement confondus et les *deux courbes sont tangentes à la génératrice singulière* Δ *passant par le point commun* A *et située dans le plan tangent*.

Les géodésiques de la quadrique $Q_{+\lambda}$, déterminées à l'aide de la quadrique $Q_{-\lambda}$ sont également des courbes du complexe, elles sont donc *tangentes à la courbe* C, *ligne de courbure de* $Q_{+\lambda}$; c'est un résultat connu.

Les coniques du complexe relatives aux divers plans de l'espace seront, elles aussi, *tangentes, en quatre points, à la surface des singularités*. Les tangentes sont les quatre génératrices singulières contenues dans le plan de la conique.

La surface des singularités est donc l'enveloppe de ces coniques qui dépendent de trois paramètres.

Remarquons que le cône du complexe au point A est décomposé en deux plans normaux aux génératrices rectilignes de la troisième quadrique; si la courbe Γ avait été tangente à une droite quelconque de l'un de ces deux plans, au point A, notre raisonnement aurait été en défaut, mais ni les géodésiques ni les coniques n'entrent dans ce cas.

II. Soient Q_0, Q_1, Q_2 trois quadriques homofocales; considérons les géodésiques de Q_0, déterminées à l'aide de Q_1 et de Q_2; ces familles de géodésiques seront désignées par $g(01)$ et $g(02)$.

Un point B situé sur Q_0, à l'intersection de deux géodésiques $g(01)$ et $g(02)$ se coupant orthogonalement, est le sommet d'un trièdre trirectangle, dont les faces sont tangentes aux trois quadriques homofocales; c'est donc un point $I_A = \text{const.}$, et par suite il décrit une courbe sphérique. Désignons par r_0, r_1, r_2 les rayons des sphères de Monge des trois quadriques.

La sphère, concentrique aux trois quadriques, a pour rayon

$$r = \sqrt{\frac{r_0^2 + r_1^2 + r_2^2}{3}}.$$

Comme cas particulier, les points d'intersection de deux géodésiques

orthogonales, appartenant à la même famille $g(01)$, se trouvent à l'intersection de Q_0 et de la sphère de rayon

$$r=\sqrt{\frac{r_0^2+2r_1^2}{3}},$$

enfin, si nous prenons pour quadrique Q_1, la focale hyperbolique, nous obtenons

$$r=\sqrt{a^2+c^2-b^2},$$

qui est le rayon de la sphère qui passe par les ombilics de la quadrique Q_0.

Nous pouvons aussi énoncer cette propriété très voisine de la précédente : *les plans normaux aux géodésiques d'une même famille* $g(01)$, *aux points où elles coupent l'intersection de la quadrique* Q_0 *avec une sphère concentrique, enveloppent une quadrique homofocale*. Prenant une quadrique réglée nous voyons que la surface engendrée par les plans normaux aux génératrices rectilignes d'une quadrique, aux points où elles coupent une sphère concentrique, est circonscrite à une quadrique homofocale associée à la sphère.

III. Les normales à une cyclide de Dupin du quatrième ordre sont des droites $I_D=$ const.

Coupons la surface par une sphère concentrique nous obtenons une courbe de points $I_A=$ const. Les plans tangents à la cyclide le long de cette courbe sont des plans $I_P=$ const.; *ils engendrent une développable circonscrite à une quadrique dont les focales sont les coniques enveloppes des normales à la cyclide.*

GÉOMÉTRIE. — *Sur la solution de Laguerre du problème d'Apollonius.* Note de M. **Ole Peder Arvesen**, présentée par M. Maurice d'Ocagne.

On connaît la solution admirable qu'a donnée Laguerre du problème d'Apollonius : au moyen de sa transformation par semi-droites réciproques il le ramène à la construction du cercle qui passe par trois points donnés. Dans l'exposition de sa méthode l'illustre géomètre suppose que les trois points sont réels, ce qui revient à exiger que les trois cercles primitivement donnés ne soient pas coupés par l'axe de transformation (1). Je montrerai dans cette Note comment, les points en question étant imaginaires, on

(1) Voir *Œuvres de Laguerre*, 2, p. 618.

pourra encore au moyen de constructions élémentaires obtenir la solution du problème. Il s'agit alors de la construction d'une hyperbole équilatère, qui passe par trois points et dont on connaît la direction des asymptotes.

Transformons tout d'abord les trois cercles donnés en *cycles* en fixant leur direction. Afin de pouvoir transformer ensuite les trois cycles en points, il faut prendre pour axe de transformation la droite qui contient les centres de similitude de ces cycles. En supposant de plus que la même droite se confonde avec l'axe des x, les coordonnées des cycles C_i seront

$$a_i, \quad b_i = \lambda R_i, \quad R_i \qquad (i = 1, 2, 3);$$

a_i, b_i désignent les coordonnées cartésiennes rectangulaires du centre et R_i le rayon de C_i. La valeur du nombre λ est supposée inférieure à l'unité, de sorte que C_i soit toujours coupé par l'axe de transformation.

Cela posé, pour que les trois cycles aient pour transformés des points, il suffit qu'on prenne pour module α de la transformation

$$(1) \qquad \alpha = \lambda + \sqrt{\lambda^2 - 1} = \lambda + i\gamma,$$

en posant pour abréger $\gamma = \left|\sqrt{\lambda^2 - 1}\right|$.

En effectuant maintenant la transformation par semi-droites réciproques avec le module, donné par (1), les cycles C_i se transforment en trois points P'_i, dont les coordonnées cartésiennes sont

$$a_i, \quad -i\gamma R_i.$$

Soumettons cette nouvelle figure à la transformation ponctuelle, définie par

$$(2) \qquad x' = x'', \qquad y' = iy'';$$

nous obtenons trois points réels, P''_i, de coordonnées

$$a_i, \qquad -\gamma R_i.$$

Soient, d'autre part,

$$a, \quad b, \quad R$$

les coordonnées d'un cycle C, tangent aux trois cycles C_i. Par la transformation par semi-droites réciproques employée ci-dessus, ce cycle se transforme en un autre cycle C', qui aura pour coordonnées

$$a, \quad i\frac{1}{\gamma}(\lambda b - R), \quad i\frac{1}{\gamma}(b - \lambda R).$$

Posons ici

$$(3) \qquad S = \frac{1}{\gamma}(\lambda b - R), \qquad T = \frac{1}{\gamma}(b - \lambda R);$$

l'équation ponctuelle du cercle, porteur du cycle C', sera

$$(x-a)^2+(y-iS)^2=-T^2.$$

Ce cercle par la transformation (2) aura pour transformé l'hyperbole équilatère réelle

$$(x-a)^2-(y-S)^2=-T^2, \tag{4}$$

dont les asymptotes sont parallèles aux bissectrices des angles formés par les axes de coordonnées.

Or les trois points P''_i suffisent à déterminer cette hyperbole, ce qui nous fournit immédiatement l'abscisse a du centre des deux cycles cherchés. Il ne nous reste alors qu'à résoudre les équations (3) par rapport à b et R :

$$b=-\frac{1}{\gamma}(\lambda S-T), \qquad R=-\frac{1}{\gamma}(S-\lambda T).$$

J'ajouterai encore que les ordonnées des points P''_i sont égales en valeur absolue aux demi-cordes respectives interceptées par C_i sur l'axe de transformation. La construction de ces points est donc immédiate.

Il peut se faire en particulier que l'hyperbole (4) se réduise à deux droites; il n'y aura alors qu'un seul cycle tangent aux cycles C_i. Si l'axe qui joint les foyers de l'hyperbole est parallèle à l'axe de transformation, il n'y aura pas de cycles réels satisfaisant à la question posée.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur l'avance du nœud d'une planète sous l'action d'un anneau circulaire.* Note de M. **Jean Chazy**, présentée par M. Ernest Esclangon.

J'ai considéré [1] l'action d'un anneau circulaire homogène sur le mouvement d'une planète, soit P, et calculé selon les méthodes classiques les valeurs limites des avances du nœud et du périhélie de la planète P quand l'inclinaison et l'excentricité de son orbite tendent vers zéro. Les résultats obtenus s'étendent à l'action sur la planète P d'une masse quelconque qui possède un axe de révolution et un plan de symétrie perpendiculaire passant tous deux au corps central, et qui peut être considérée comme résultant de la juxtaposition d'une infinité de circonfé-

---

(1) *La théorie de la Relativité et la Mécanique céleste*, **1**, 1928, p. 187-202.

rences matérielles homogènes. Dans différentes Notes et dans un Mémoire posthume qui rassemble ses recherches de Mécanique céleste, Fatou a étudié (1) notamment les avances du nœud et du périhélie d'une planète P dans un champ de gravitation qui admet un axe de révolution et un plan de symétrie perpendiculaire passant tous deux au corps central, et qui comporte d'ailleurs une fonction de force. Je veux montrer ici la position relative des formules obtenues, les unes à partir des éléments osculateurs et du système différentiel de Lagrange, les autres à partir des équations cartésiennes ou semi-polaires.

Nous déterminons le champ considéré par le potentiel par unité de masse

$$F(r, z^2) = \frac{\mu}{r} + R(r, z^2),$$

où μ désigne le coefficient attractif du corps central O, r la distance d'un point P au point O et z la cote du point P à partir du plan de symétrie Π, et où la fonction R est petite par rapport au terme μ/r. Les dérivées partielles F'_z, R'_z sont identiquement nulles avec z. Nous étudions les orbites de la planète P voisines d'une circonférence de rayon a située dans le plan Π, et nous désignons par F'_a, R'_a, F''_{a^2}, R''_{a^2} et $-q$ les valeurs pour $r=a$, $z=0$ des six dérivées partielles F'_r, R'_r, F''_{r^2}, R''_{r^2}, $F''_{z^2}=R''_{z^2}$: le coefficient q est positif dans les différentes applications.

L'équation relative à la variation de la longitude du nœud Ω est selon les notations classiques

$$\frac{d\Omega}{dt} = \frac{1}{na^2\sqrt{1-e^2}\sin i}\frac{\partial R}{\partial i} \qquad \text{avec} \quad n = \sqrt{\frac{\mu}{a^3}}.$$

Pour $e=0$, la cote z se réduit à l'expression $z = a\sin i \sin(l-\Omega)$, l désignant la longitude de la planète P; dans la dérivée partielle $\partial R/\partial i = R'_z\, \partial z/\partial i$, le premier facteur a pour partie principale quand z tend vers zéro

$$zR''_{z^2} = -qz,$$

et l'équation obtenue devient à la limite

$$\frac{d\Omega}{dt} = -\frac{q}{n}\sin^2(l-\Omega).$$

Par les changements de variables $\Omega = l - \alpha$, $\alpha = \operatorname{arc\,tang}\beta$, et fai-

(1) *Acta astronomica*, série A, 2, 1931, p. 121-151.

sant $dl/dt = n$ (je reviendrai sur cette approximation), on tire successivement

$$\frac{d\alpha}{dt} = n + \frac{q}{n}\sin^2\alpha, \qquad t = n\int\frac{d\beta}{n^2(1+\beta^2)+q\beta^2}.$$

Or, d'après l'expression de z, les nœuds de l'orbite de la planète P correspondent aux valeurs de la variable α multiples de π. Quand β croît de zéro à $+\infty$, le temps t croît de $\pi/2 : \sqrt{n^2+q}$; donc par continuité, quand α croît de zéro à 2π, t croît de $2\pi : \sqrt{n^2+q}$, durée de la révolution draconitique, et $\Omega = l - \alpha$ croît de la quantité

$$\delta\Omega = 2\pi\left(\frac{n}{\sqrt{n^2+q}} - 1\right),$$

qui est l'*avance du nœud ascendant*. Cette avance est ainsi exprimée simplement en fonction du moyen mouvement n et du coefficient q; elle est négative puisque q est positif, et se réduit, si q/n^2 est petit, à la valeur $-\pi q/n^2$, qui est aux notations près l'avance de mon calcul antérieur.

En coordonnées semi-polaires ρ, θ, z $(r = \sqrt{\rho^2+z^2})$, Fatou considère d'une part l'intégrale des aires $\rho^2\theta' = C$ $(C > 0)$, et l'équation du mouvement relatif sur le rayon vecteur

$$\rho'' - \rho\theta'^2 = \frac{\rho}{r}F'_r \qquad \text{ou} \qquad \rho'' = \frac{C^2}{\rho^3} + \frac{\rho}{r}F'_r,$$

qui, dans un mouvement circulaire de rayon a, donnent les relations

$$C = na^2, \qquad \frac{1}{a}F'_a = -\frac{C^2}{a^4} = -n^2,$$

n désignant la vitesse angulaire. Et il considère d'autre part l'équation de projection sur Oz, qui dans les orbites considérées peut s'écrire

$$z'' = \frac{z}{r}F'_r + F'_z = \left(\frac{1}{a}F'_a - q + \varepsilon\right)z = -(n^2+q-\varepsilon)z,$$

ε désignant une quantité très petite. Si l'on veut, l'équation obtenue est une équation linéaire dont les coefficients sont à peu près constants, et dont les solutions sont voisines de fonctions périodiques de période $2\pi : \sqrt{n^2+q}$.

Pour déterminer les nœuds d'une orbite, qui correspondent aux zéros de la cote z, on peut considérer la dérivée logarithmique z'/z : en égalant cette dérivée à n/β, on obtient l'équation différentielle

$$n\beta' = (n^2+q-\varepsilon)\beta^2 + n^2,$$

qui, à la limite pour $\varepsilon = 0$, se réduit à l'équation entre les variables β et t résultant du premier calcul. D'où nécessairement la même avance du nœud ascendant, $\delta\Omega$.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur les photons et les particules* charge pure. Note de M. **Alexandre Proca**, présentée par M. Louis de Broglie.

Nous avons développé ([1]) une théorie quantique générale des particules et donné l'expression de certaines grandeurs physiques qui leur sont attachées. Considérons maintenant le cas de l'absence de champ ; en développant les calculs pour une particule qui se trouve dans un état déterminé, représenté par une onde plane $\psi_r = a_r e^{i\Sigma b_s x_s}$, on voit que, toutes choses égales d'ailleurs, à une énergie E (nécessairement positive $E = hc|b_0|$) correspondent *deux* cas possibles différant par le signe de b_0, donc par le signe de la charge. Cette circonstance se retrouve dans le cas général : c'est le signe de la charge qui provoque le dédoublement. Si la charge était nulle, les deux possibilités précédentes se réduiraient à une seule ; examinons de plus près ce cas particulier.

Considérons l'expression *générale* de la densité de charge d'une particule en absence du champ

$$j_4 = iehc(\psi_r^* G_{r4} - \psi_r F_{r4}) \qquad (F_{rs} = G_{rs}^*). \tag{1}$$

Remarquons que dans cette expression figure nécessairement e, qui est une constante apparaissant dans l'équation fondamentale. La charge (1) peut être nulle dans deux cas : 1° pour $e = 0$; 2° pour ψ_r réel, $\psi_r = \psi_r^*$. Supposons que la charge et la masse au repos soient toutes les deux nulles, deux particules connues sont dans ce cas : le neutrino et le photon. Montrons que les deux alternatives précédentes correspondent respectivement au neutrino et au photon. Cela est évident pour 1° : $m = 0$, $e = 0$ sont bien les caractéristiques du neutrino. D'autre part, $e = 0$ ne saurait convenir pour un photon. En effet, plongeons celui-ci dans un champ électromagnétique et en particulier choisissons pour cela le champ d'une onde lumineuse. Le mouvement sera décrit par l'équation fondamentale, complétée par des termes de la forme $e\Phi_r/hc$ (cf. nos précédentes Notes). Si $e = 0$, il ne pourra y avoir aucune action du champ sur le photon, c'est-à-dire de la lumière sur la lumière ; or, il semble bien qu'on connaisse, au

([1]) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1366 et 1490.

moins dans un cas, l'existence d'une telle action, à savoir la diffusion de la lumière, signalée par Halpern et Debye et étudiée par Euler et par Euler et Kockel (¹). Donc $e = 0$ ne caractérise certainement pas le photon.

Considérons maintenant une particule caractérisée par $m = 0$ et $\psi_r = \psi_r^*$. On voit aisément que sa charge, son courant et son moment électromagnétique sont nuls; son énergie est finie, son spin également (²); enfin, ses équations d'onde $\partial^r F_{rs} = 0$ sont identiques aux équations de Maxwell dans le vide (³). Ces diverses propriétés rendent plausible l'identification de cette particule avec un quantum de lumière.

Supposons qu'on ait affaire à un véritable photon dans un état déterminé, c'est-à-dire ayant une fréquence unique. S'il s'agissait d'une particule élémentaire cela signifierait que le développement de ψ_r ne devrait contenir qu'un seul terme de la forme $a_r e^{i\Sigma b_s x_s}$; or, ce ψ_r ne peut représenter un photon puisqu'il n'est pas réel. Le photon sera décrit par $\psi_r + \psi^*$, c'est-à-dire par

$$(2) \qquad a_r e^{i\Sigma(b_s x_s)} + a_r^* e^{-i\Sigma(b_s x_s)}.$$

Le photon apparaît donc comme composé de la superposition de deux particules élémentaires en accord avec la féconde hypothèse fondamentale de M. L. de Broglie; ces particules ont même énergie (*positive*), même quantité de mouvement et même spin, mais des charges, des courants et des moments électromagnétiques opposés. L'important est le fait qu'*elles ne sont plus des neutrinos*, mais des particules *chargées*, de masse nulle; ce sont en quelque sorte des *charges pures*. Ce type de particule ne semble pas avoir attiré l'attention des chercheurs jusqu'à présent; elles ne sont mentionnées, à notre connaissance que dans un article de Einstein et Rosen (⁴). Quoi qu'il en soit, elles se présentent tout naturellement lorsqu'on applique la théorie générale au cas des photons; on peut espérer que, si elles existent, elles seront beaucoup plus facilement décelables par l'expérience que ne l'ont été les neutrinos.

(¹) HALPERN, *Physical Review*, 44, 1934, p. 885; EULER, *Annalen der Physik*, 26, 1936, p. 398; EULER et KOCKEL, *Die Naturwissenschaften*, 23, 1935, p. 246.

(²) Les expressions qui en résultent pour le spin sont étroitement apparentées à celles qui ont été proposées par M. Henriot dans le fascicule XXV du *Mémorial des Sciences physiques*, *Les couples de radiation et les moments électromagnétiques*, Paris, 1935.

(³) Cela n'est cependant pas un argument en faveur de l'identification de la particule à un photon, attendu que les F_{rs} *ne représentent pas* le champ lumineux.

(⁴) *Physical Review*, 48, 1935, p. 73.

Une théorie de la lumière, développée sur les bases générales indiquées plus haut, serait parallèle en gros à celle de de Broglie, Jordan, Kronig, et conduirait vraisemblablement aux *mêmes* résultats finaux. Il faut remarquer que les raisonnements thermodynamiques de Jordan pourraient s'appliquer sans aucune modification aux particules *charge pure*, pourvu qu'on suppose qu'elles suivent la statistique de Fermi, ce qui n'est pas déraisonnable. Même sans adopter la théorie générale que nous avons proposée, on peut penser qu'il est plus avantageux de développer une théorie de la lumière sous la forme de de Broglie ou de Jordan et Kronig, mais en remplaçant les neutrinos par des particules *charge pure*, c'est-à-dire des particules ayant une *masse au repos nulle* et une charge *égale au quantum d'électricité e*. En effet, d'une part les raisonnements de ces auteurs ne sont pas altérés par cette modification [1], d'autre part on peut avancer que l'action de la lumière sur la lumière implique *probablement* l'action d'un champ électromagnétique sur un neutrino. Or on définit celui-ci, peut-être imprudemment, dans d'autres domaines de la Physique, comme une particule non chargée, en entendant par là précisément qu'un champ ne peut l'influencer en aucune manière. L'emploi des charges pures semble plus adéquat et nous permet au surplus l'espoir d'une mise en évidence expérimentale plus aisée.

PHYSIQUE. — *Sur la détermination de la viscosité des gaz et de la* Constante de Sutherland. Note de M. **André Fortier**, présentée par M. Marcel Brillouin.

On admet généralement que la variation de la viscosité d'un gaz avec la température est correctement représentée par la formule

$$\frac{\eta_T}{\eta_0} = \sqrt{\frac{T}{T_0}}\,\frac{1+\frac{C}{T_0}}{1+\frac{C}{T}},$$

où C désigne la *Constante de Sutherland*, que certains auteurs donnent au millième près. Pourtant un simple calcul d'erreur montre que la détermi-

(1) Pour justifier l'existence d'un moment électromagnétique, M. L. de Broglie admet même, dans sa théorie, que les particules constituantes pourraient posséder une charge très petite.

nation de C exige une précision rarement obtenue dans les mesures; pour l'air, par exemple, en mesurant les viscosités au 1/500e, en définissant et mesurant les températures à 0°,1 C. près, on ne peut obtenir C qu'à 12 pour 100 près dans l'intervalle —20°, +20° et à 7 pour 100 près dans l'intervalle 0°, 100°. Les mesures effectuées jusqu'ici sont en général trop peu précises pour atteindre une telle approximation en apparence si grossière et pour garantir par suite que le nombre C est bien une constante au sens physique du mot.

La méthode que j'utilise ([1]) me permettant de faire des mesures relatives de viscosité avec une précision dépassant 1/2000e, j'ai repris l'étude systématique de la variation de la viscosité des gaz avec la température.

Voici les nombres obtenus à partir d'une centaine d'expériences effectuées sur l'air dans un intervalle de température allant de —183° à +20° :

Températures.....	—180.	—80.	—20.	0.	+20.
Viscosités	0,370	0,748	0,942	1	1,056
Valeurs de C.......	115	120		104	

Cette variation du nombre C expliquerait le désaccord signalé par M. Brillouin ([2]) entre les nombres expérimentaux dans l'intervalle —20° à +20° et ceux calculés par la formule de Sutherland à partir d'expériences faites à 0° et 100°.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Sur quelques nouvelles expériences de démultiplication de fréquence, dans un circuit oscillant dont la bobine est à noyau de fer.* Note de M. **Edmond Rouelle**, présentée par M. Paul Janet.

Au cours d'expériences antérieures, j'avais déterminé empiriquement les conditions-limites d'entretien d'une oscillation libre, à une fréquence sous-multiple de celle de la source. Les circuits magnétiques des bobines utilisées étaient en tôles ordinaires pour transformateurs. L'amorçage était provoqué par la fermeture du circuit, ou par l'ouverture d'un interrupteur court-circuitant la bobine, comme le faisaient déjà MM. Mauduit et Fallou. J'entretenais ainsi les harmoniques 1/2, 1/3, 1/5 avec une source de fréquence comprise entre 15 et 70 p/sec. Pour une fréquence moyenne,

([1]) Cf. *Comptes rendus*, **201**, 1935, p. 1330.
([2]) *Leçons sur la viscosité des liquides et des gaz*, **2**, p. 62.

chaque régime était stable à l'intérieur de deux intervalles de tensions, limités par les valeurs critiques U' et U''_1 d'une part, U'_1 et U'' d'autre part; la stabilité s'étendait progressivement à tout intervalle $U'-U''$, aux fréquences les plus basses ou les plus élevées [1].

a. Mes recherches récentes ont porté sur une gamme de fréquences plus étendue (de 30 à 700 p/sec) et des circuits magnétiques en alliages spéciaux : acier au silicium, permalloy, métal gamma.

Les anciens procédés d'amorçage engendrant, suivant les cas, une oscillation excessive ou insuffisante, j'ai employé concurremment avec eux, soit la coupure d'une résistance réglable shuntant la bobine, soit la saturation temporaire de celle-ci, par une source auxiliaire de basse fréquence ($\leq$ 50 p/sec). Le montage nécessaire à cette dernière manœuvre permet encore, lorsqu'on laisse la source à basse fréquence enclenchée en permanence, de réaliser la synchronisation harmonique des deux alternateurs.

b. L'emploi de bobines à caractéristiques fortement coudées et à faibles pertes, rend difficilement réalisable le régime stable aux tensions élevées (intervalle $U'-U''_1$). En outre, le domaine inférieur de stabilité (intervalle U'_1-U'') peut se scinder en plusieurs bandes étroites, correspondant à autant de formes d'ondes distinctes. J'en ai observé quatre, au maximum, pour l'harmonique 1/3 et deux pour l'harmonique 1/5.

Pour les termes d'ordre supérieur à 9, le domaine inférieur est pratiquement seul accessible à l'expérience; son étendue diminue en général à mesure que l'ordre augmente et peut se réduire à quelques dixièmes de volt.

c. L'ordre de démultiplication le plus élevé qu'on puisse obtenir, en régime permanent, semble croître avec le nombre de spires de la bobine et la courbure de sa caractéristique magnétique. Toutefois, une certitude absolue ne pourra être acquise que si les conditions d'amorçage de chaque sous-harmonique deviennent déterminables autrement que par tâtonnements. La forme d'onde de la source ne paraît pas avoir d'influence notable à ce point de vue. Pour une force électromotrice pratiquement sinusoïdale, j'ai observé le plus grand nombre de régimes distincts avec une bobine à noyau de permalloy, qui permet à une source de fréquence 150 p/sec d'entretenir, notamment, tous les sous-harmoniques d'ordre impair, du troisième au quinzième inclus.

Les domaines de stabilité de ces divers termes ne se chevauchent pas et

(1) *Comptes rendus*, **185**, 1927, p. 1450 et **186**, 1928, p. 224.

l'on passe de l'un à l'autre en modifiant la tension d'alimentation, à peu près proportionnellement à la fréquence de l'oscillation entretenue.

Avec des caractéristiques moins fortement coudées, ou des pertes plus considérables, cette loi simple n'est plus vérifiée et la recherche des différents régimes exige de plus longs tâtonnements.

d. J'ai constaté en outre l'existence d'oscillations dont la période propre n'est pas un multiple entier de celle de la source. L'harmonique $3/11$ a été obtenu avec noyau de permalloy; l'acier au silicium ou les tôles ordinaires, donnent les harmoniques $2/3$ et $3/5$; il est possible que d'autres encore puissent être entretenus. Il s'agit bien ici d'oscillations autonomes, qui ne peuvent être confondues avec les harmoniques d'ordre $2k/n$, signalés dans une Note précédente (*loc. cit.*) au voisinage du domaine d'instabilité de l'oscillation d'ordre $1/n$ et superposés à celle-ci. Les valeurs efficaces des courants et tensions qu'elles engendrent satisfont aux mêmes lois empiriques que celles des sous-harmoniques exacts, mais leur stabilité est moindre.

Les oscillogrammes, caractérisés par la succession de plusieurs alternances de durées et d'amplitudes inégales, évoquent l'idée de l'entretien d'un train d'ondes, dont la durée totale est égale à un nombre entier d'alternances de la source; la même interprétation peut s'appliquer à l'harmonique $1/2$ (seul terme d'ordre pair observé jusqu'à ce jour) qui comporte deux demi-ondes inégales; pour les sous-harmoniques exacts d'ordre impair, le train d'ondes est réduit normalement à une seule alternance.

e. Le relevé des ondes de tensions et courant ne peut être effectué pratiquement qu'à l'oscillographe.

La méthode de Joubert ne serait utilisable qu'à la condition de démultiplier la vitesse du moteur synchrone nécessaire à son application, proportionnellement à l'ordre du sous-harmonique entretenu. A défaut de cette précaution, elle ne donne qu'une courbe de fréquence égale à celle de la source, représentant en réalité une série d'harmoniques de la grandeur étudiée. C'est pour avoir méconnu cette particularité qu'un auteur a cru établir (1), contrairement aux conclusions de ma thèse (2), l'existence de plus de deux régimes stables de ferrorésonance fondamentale. J'ai pu démontrer que les deux régimes supplémentaires qu'il a observés correspondent, en fait, à l'entretien de sous-harmoniques, vraisemblablement d'ordre $1/3$ et $1/2$.

(1) E. Aretz, *Elektrotechnische Zeitschrift*, 57, n° 11, 1936, p. 305.

(2) *R. G. Electr.*, 36, novembre et décembre 1934, p. 715-763-795-841.

SPECTROSCOPIE. — *Spectrographe enregistreur automatique pour le proche infrarouge* (6000-9500 Å). Note de MM. **Pierre Barchewitz** et **Aurel Naherniac**, présentée par M. Aimé Cotton.

Le spectrographe à réseau plan que nous avons monté permet d'étudier la région spectrale s'étendant de 6000 Å à 9500 Å.

Le système optique est constitué par deux lentilles corrigées pour le rouge et le proche infrarouge, (ouverture $f/10$, distance focale 100^{cm}); le système dispersif comprend un réseau plan (8^{cm} sur 10^{cm}) de 580 traits au millimètre. Il est monté sur une plate-forme horizontale, qui peut tourner d'un mouvement rapide ou lent compatible avec l'inertie du cadre du galvanomètre, grâce à un système d'engrenages.

Une cellule photoélectrique Grammont à gaz reçoit le flux; son maximum de sensibilité se trouve au voisinage de 8000 Å. Le courant normal donné par cette cellule est de 50 microampères pour un flux de un lumen. Le courant photoélectrique donné par la cellule est amplifié au moyen d'un amplificateur à trois lampes à chauffage indirect sur secteur alternatif.

La première lampe est une E.452 Philips à grand coefficient d'amplification permettant une attaque suffisante de la grille de la lampe suivante.

La liaison entre la première et la deuxième lampe (E.424 N.) se fait par un couplage résistance-capacité. Notons qu'en premier lieu nous avions effectué un couplage par transformateur de rapport 1 à 3, mais ce montage s'est montré défectueux au point de vue de la stabilité.

La dernière lampe est une trigrille de puissance Philips (B.443) reliée à la deuxième lampe par le montage classique dit cathodyne. Le courant plaque de cette dernière lampe est redressé au moyen d'un élément Cu/Cu^2O intercalé dans le circuit secondaire d'un transformateur convenablement accordé sur la fréquence de modulation du flux lumineux.

Ainsi monté l'ensemble a un coefficient d'amplification (en ampères) de l'ordre de 10^8; ce qui permet de déceler des courants photoélectriques de l'ordre de 10^{-15} ampère. Nous avons aussi essayé de redresser le courant de sortie de l'amplificateur à l'aide d'une duodiode Philips A.1 mais sans obtenir une amplification plus grande; de plus nous devions compenser un courant de l'ordre de 10^{-3} ampère dû au flux d'électrons émis par la cathode de la duodiode, il en résultait une instabilité assez grande de la position du spot du galvanomètre définissant le zéro.

Des accumulateurs alimentent la cellule et fournissent les tensions plaques; les filaments des lampes sont chauffés au moyen d'un transformateur 110/4 volts. Tout l'appareil (amplificateur, cellule, et accumulateurs), est placé dans une caisse à doubles parois en tôle de 1^{mm} d'épaisseur; ces précautions ont permis d'obtenir une grande stabilité du spot du galvanomètre.

La modulation du courant photoélectrique s'obtient au moyen d'un disque percé de trous interrompant périodiquement le faisceau arrivant sur la fente d'entrée du spectrographe. Nous avions d'abord essayé de moduler la tension appliquée sur la cellule au moyen d'un oscillateur à lampe en gardant le flux lumineux constant. Le courant d'obscurité de la cellule était de ce fait modulé et ensuite amplifié; on obtenait à la sortie de l'amplificateur un courant de zéro de quelques milliampères instable et difficile à compenser.

Le système d'enregistrement est analogue à celui employé par J. Lecomte [1] pour l'étude de la région spectrale s'étendant de 6^{μ} à 20^{μ}. Dans ces conditions nous obtenons sur papier photographique ($24^{cm} \times 30^{cm}$) des déviations du spot du galvanomètre (sensibilité : 7.10^{-8}; période : 2 secondes) de l'ordre de 20^{cm}, avec des fentes d'entrée et de sortie du spectrographe de 1/20 de millimètre; les fentes occupent dans le spectre une région de 0,8 Å; la précision dans le repérage des positions des bandes bien définies est de $\pm$ 3 Å.

La durée d'un enregistrement dépasse rarement cinq minutes, de plus cette méthode permet de déceler certains détails que la plaque photographique est incapable de reproduire.

ÉLECTRO-OPTIQUE. — *Variation thermique de la biréfringence électrique d'un mélange liquide présentant un point critique de miscibilité.* Note [2] de M. **Antoine Goldet**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous avons étudié la variation thermique de la biréfringence électrique (effet Kerr) d'un mélange nitrobenzène-heptane en nous efforçant d'approcher autant que possible du point critique de miscibilité de ce mélange situé à 19°,6 environ.

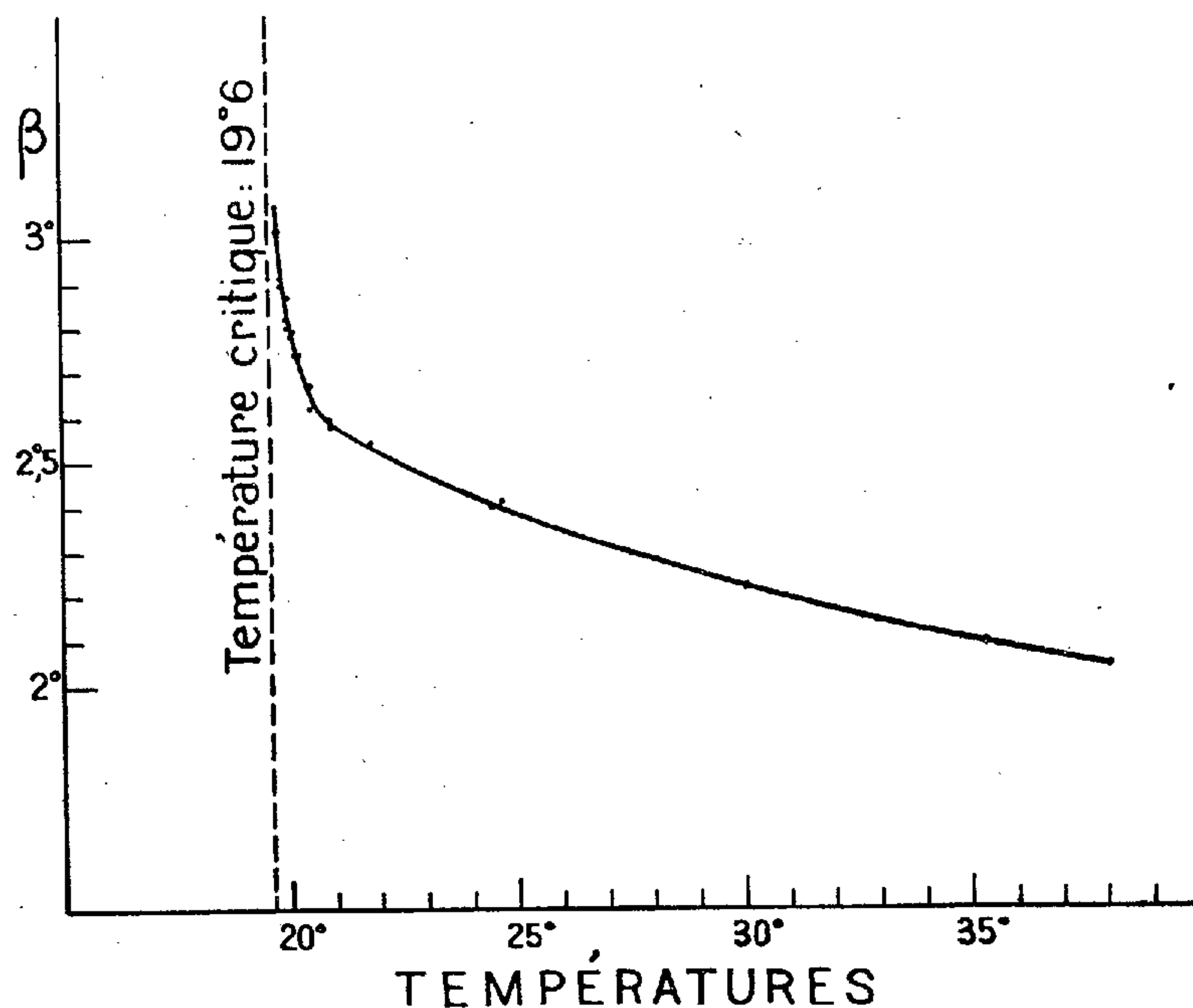
Nous avions précédemment étudié la biréfringence magnétique (effet

(1) *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1011.

(2) Séance du 12 octobre 1936.

Cotton-Mouton) de mélanges nitrobenzène-hexane, dont un au point critique de miscibilité (¹).

Dans les mesures rapportées ici, nous avons été amené à employer de l'heptane normal extrait de l'essence de pin, dont nous avions pu obtenir un échantillon très pur au lieu de l'hexane normal qui était pour



nous beaucoup plus difficile à obtenir exempte de benzène et d'isomères.

Le montage optique était le même que celui employé en biréfringence magnétique, le condensateur était formé d'armatures en acier au nickel-chrome (dit inoxydable) et le tube était d'une construction semblable à celle employée par R. Lucas et H. Schwob (²), sauf le système thermostatique qui était analogue à celui que nous avions nous-même déjà utilisé (³).

La tension appliquée était de 1500 volts continus, elle était fournie par une dynamo débitant sur une résistance; on maintenait la tension constante à quelques millièmes près en agissant sur l'excitation de la dynamo entraînée à vitesse constante.

Dans ces conditions les mesures ont été parfaitement fidèles et l'ensemble des résultats est représenté par la courbe ci-dessus qui indique les varia-

---

(¹) A. Goldet et A. Piekara, *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 271.

(²) *J. de Phys.*, 4, 1933, p. 287.

(³) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 72.

tions avec la température de l'angle β, mesurant la biréfringence du mélange (pour la lumière jaune $h = 578^{m\mu}$ du mercure).

On voit sur cette courbe que la biréfringence augmente très vite quand la température, en s'abaissant, vient au voisinage de la température critique.

Les pointés les plus voisins de la température critique sont limités par la diffusion de la lumière probablement à moins de 1/10 de degré du point critique; on a, pour le dernier degré de variation de température, une augmentation de la biréfringence de 0°,4, soit 20 pour 100 environ, c'est une variation relative plus de dix fois supérieure à celle que donne le nitrobenzène pur.

On peut essayer d'interpréter ces faits en considérant le champ moléculaire dans le mélange étudié.

Dans une formule complète donnant la valeur de la biréfringence électrique, il y a lieu en effet d'ajouter le carré moyen du champ moléculaire au carré du champ électrique appliqué. Ce carré moyen prend à cause des fluctuations une valeur qui doit devenir notable et surtout croître très rapidement à l'approche du point critique; la variation rapide de la biréfringence électrique serait ainsi attribuable à celle de ce facteur.

Cette explication nous a été suggérée, ainsi d'ailleurs que l'idée même de ce travail, par la théorie de la diffusion de la lumière exposée par Y. Rocard (1) et en particulier par son calcul du champ moléculaire d'hétérogénéité, qui nous paraît devoir jouer au voisinage de la température critique de miscibilité un rôle essentiel.

MAGNÉTOOPTIQUE. — *Polarisation rotatoire magnétique et biréfringence magnétique de solutions acétoniques et nitrobenzéniques de nitronaphtalène-α*. Note (2) de M. **Jacques Rabinovitch**, présentée par M. Aimé Cotton.

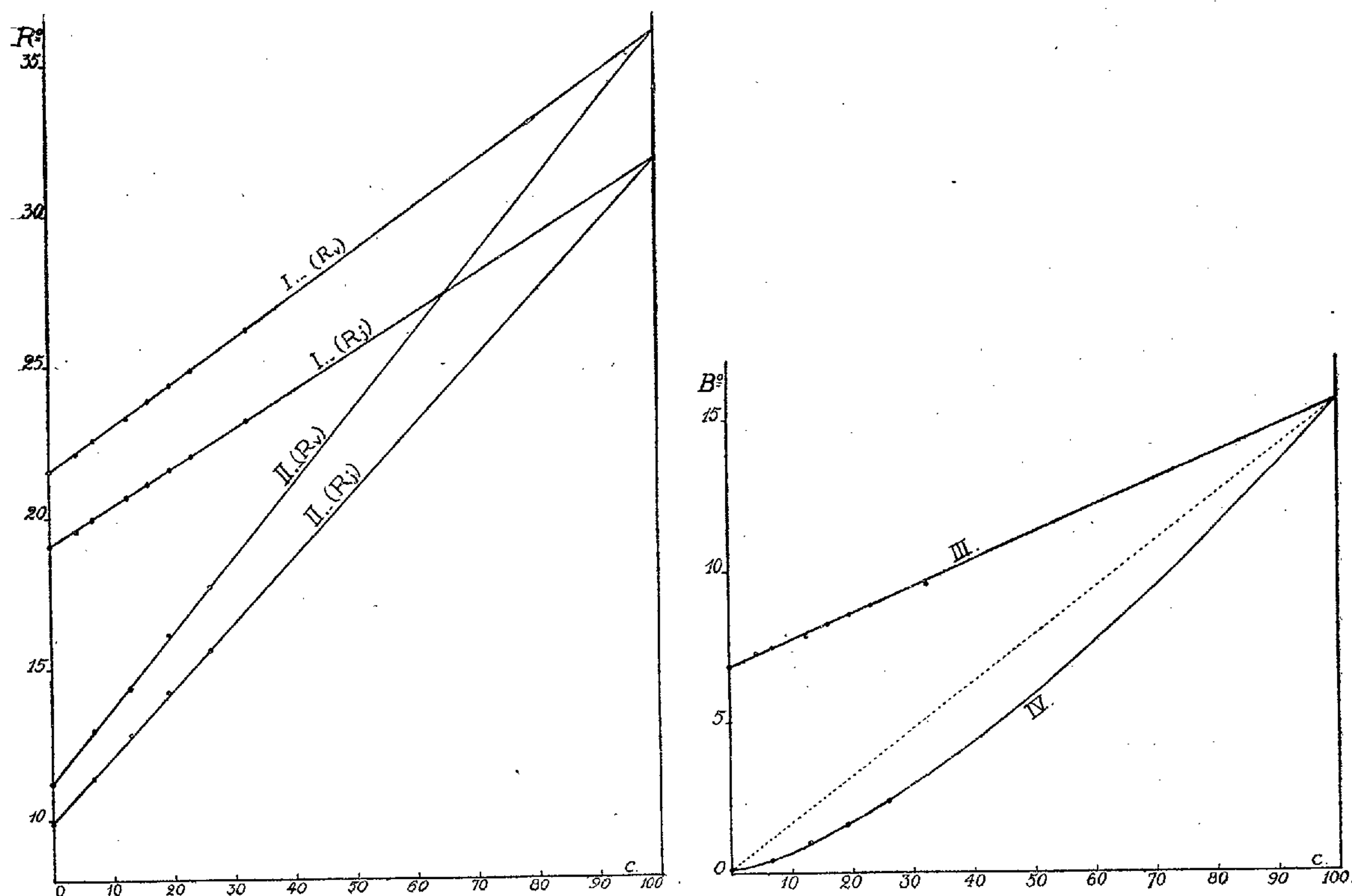
Perkin a montré que pour un grand nombre de molécules, en particulier des molécules organiques, le pouvoir rotatoire magnétique moléculaire peut être considéré comme une somme de pouvoirs rotatoires atomiques. Il en résulte que, pourvu que les liaisons entre atomes n'aient pas été trop

---

(1) *Ann. de Phys.*, 10, 1928, p. 116.

(2) Séance du 12 octobre 1936.

modifiées, le pouvoir rotatoire magnétique d'un mélange peut fort bien ne pas varier sensiblement lors d'une réaction chmique s'effectuant sans variation de volume. Il n'en est pas de même quand on considère la biréfringence magnétique du mélange, laquelle dépend des anisotropies optiques et magnétiques des molécules; aucune règle d'additivité simple ne peut s'appliquer quand les molécules changent de structure et par conséquent



toute réaction au sein du mélange se traduit par une variation qui peut être notable de la biréfringence magnétique.

J'ai étudié le cas des solutions de nitronaphtalène-α dans l'acétone et le nitrobenzène. Les mesures de rotations magnétiques ont été faites à la Sorbonne avec l'électroaimant type Weiss du Laboratoire des Recherches physiques, celles de biréfringences magnétiques avec le grand électroaimant de l'Académie des Sciences. Dans les deux montages la source lumineuse était un arc Cotton à vapeur de mercure dont on utilisait à volonté une des raies principales au moyen d'un monochromateur à prisme Pellin-Broca à sulfure de carbone.

Sur les graphiques consignant les résultats, c désigne le nombre de centimètres cubes occupés par le corps dissous dans 100^{cm^3} de solution et en ordonnées R ou B désignent les angles mesurant soit la rotation magnétique du plan de polarisation soit la biréfringence magnétique.

Les courbes I et II représentent respectivement les rotations magnétiques des solutions nitrobenzéniques et des solutions acétoniques, mesurées à 20°C. pour les raies jaune et verte. Ces courbes sont des droites et pour les deux genres de solutions elles conduisent pour $c = 100$ (nitronaphtalène-α pur) aux mêmes valeurs des rotations magnétiques : $R_j = 31°,8$ et $R_v = 36°$ (1).

Nous voyons donc que le pouvoir rotatoire magnétique ne décèle aucune différence entre les effets des deux solvants utilisés sur le nitronaphtalène-α. Il n'en est pas de même de la biréfringence magnétique. Les mesures faites à 17°C. avec la raie jaune ont donné pour les solutions nitrobenzéniques des résultats se traduisant graphiquement par une droite (III) (2), tandis que pour les solutions acétoniques on obtient une courbe (IV) qui est nettement au-dessous de la droite correspondant à la loi linéaire. Ces écarts sont sans doute imputables à des associations moléculaires, peut-être à une polymérisation du nitronaphtalène-α en milieu acétonique.

---

(1) En comparant à l'eau, ces données conduisent à attribuer au nitronaphtalène-α les constantes de Verdet suivantes : $\rho_j = 3{,}79.10^{-2}$ et $\rho_v = 4{,}26.10^{-2}$ en min/cm/gauss.

M. Salceanu (*Thèse*, Paris, 1932) a étudié cette substance au-dessus du point de fusion et a donné une courbe de variation de ρ_j en fonction de la température. L'extrapolation de sa courbe donne à 20°C. une valeur ($3{,}8.10^{-2}$) qui concorde avec la valeur indiquée ici.

(2) Les constantes du nitronaphtalène-α d'après les solutions nitrobenzéniques sont, pour le jaune : $b = 227$, $b_s = 171$, $C_j = 5{,}72.10^{-12}$, b désignant le rapport multiplié par 100 de la biréfringence magnétique du nitronaphtalène-α à celle du nitrobenzène mesurée dans les mêmes conditions, b_s le quotient de b par la densité et C_j la constante de Cotton et Mouton.

La biréfringence magnétique du nitronaphtalène-α avait été étudiée par MM. Cotton et Mouton et ils avaient trouvé $b_s = 173{,}5$ soit $C_j = 5{,}79.10^{-12}$, valeurs concordant à moins de 2 pour 100 avec mes résultats. Par contre, si l'on extrapole jusqu'à 17°C. la courbe de variation thermique de la biréfringence magnétique de la substance fondue établie par M. Salceanu, on trouve un écart de 5 pour 100 environ ($C_j = 6.10^{-12}$).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Spectres d'absorption dans le proche infrarouge d'amines secondaires*. Note de Mme **Marie Freymann**, présentée par M. Georges Urbain.

Pour compléter l'étude systématique des spectres d'absorption infrarouges des amines, nous avons comparé quelques amines *secondaires* aliphatiques, aromatiques et hétérocycliques; le tableau résume les résultats obtenus dans la région $0^{\mu},8$-$1^{\mu},2$.

Diméthylamine $(CH^3)_2NH$ sol. aq. 30 pour 100	λ...	10723	10452 (I)	–	–
	ν...	9326	9567	–	–
Diéthylamine $(C^2H^5)_2NH$	λ...	10756	10550 (I)	–	–
	ν...	9297	9479	–	–
Dipropylamine $(C^3H^7)_2NH$	λ...	10756	10504 (I)	–	–
	ν...	9297	9520	–	–
Dibutylamine $(C^4H^9)_2NH$	λ...	10762	10511 (I)	–	–
	ν...	9292	9514	–	–
Monométhylaniline $(C^6H^5)(CH^3)NH$	λ...	–	–	10427 (*i*)	10212 (I)
	ν...	–	–	9590	9792
Monoheptylaniline $(C^6H^5)[(C^3H^7)_2CH]NH$	λ...	–	–	10400 (*i*)	10212 (I)
	ν...	–	–	9615	9792
Pyrrol (NH, HC=CH, HC=CH, cycle)	λ...	–	–	10413 (*i*)	10116 (I)
	ν...	–	–	9597	9885
Pipéridine (NH, H^2C, CH^2, H^2C, CH^2, CH^2, cycle)	λ...	10801	10692	10542	10478 (I)
	ν...	9258	9353	9486	9544

Nota. — (I) = bande intense; (*i*) = inflexion.

Comme les amines primaires aliphatiques, les amines secondaires aliphatiques présentent une bande intense vers 10500 Å qui semble corres-

pondre au NH *aliphatique normal* ([1]). La position de cette bande ne subit que de légères variations dans la série homologue. Le spectre d'absorption montre également une autre composante vers 10750 Å; par contre, les spectres Raman et le premier harmonique infrarouge ([2]) ne présentent qu'une seule fréquence (NH).

En passant des amines secondaires aliphatiques aux amines secondaires aromatiques, un déplacement vers les fréquences élevées de l'oscillation NH se manifeste, comme pour les amines primaires correspondantes; nous avons attribué antérieurement ce déplacement à la présence de doubles liaisons situées au voisinage immédiat de NH (bande NH=).

La bande (NH) des amines aromatiques est très large et montre une faible inflexion vers 10400 Å qui semble correspondre au NH *normal*. On peut donc, sous toutes réserves, se demander s'il n'existe pas, à côté des oscillateurs (NH=) (perturbés par le voisinage des doubles liaisons), une faible proportion d'oscillateurs NH non perturbés.

Le spectre d'un composé hétérocyclique tel que le *pyrrol* ressemble à celui de la monométhylaniline par exemple : présence d'une inflexion au voisinage de la bande de 10116 Å. En accord avec L. Pauling ([3]) nous croyons qu'il existe pour le pyrrol plusieurs formes de molécules en équilibre.

Il est également curieux de noter qu'un autre corps hétérocyclique, la *pipéridine* dont la bande la plus intense occupe la position du NH *normal* présente en outre trois autres composantes plus faibles mais nettement distinctes ([4]). Rappelons que l'effet Raman met en évidence pour ce corps *deux raies* (nous avons d'ailleurs vérifié ce résultat), alors que toutes les autres amines secondaires ne présentent qu'une raie. Il est possible qu'il y ait *également ici plusieurs formes moléculaires en équilibre*.

PHYSICOCHIMIE. — *Effet Raman et structure moléculaire de l'anhydride nitrique*. Note de M. **Jean Chedin** et Mme **Jeanne Cieutat Pradier**, présentée par M. Charles Fabry.

L'anhydride nitrique en solution dans l'acide nitrique, l'acide sulfurique ou leurs mélanges, émet deux raies Raman caractéristiques dont les

---

([1]) Mme M. Freymann, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1674.

([2]) U. Liddel et O. R. Wulf, *J. Am. Ch. Soc.*, 55, 1933, p. 3574 et 57, 1935, p. 1464.

([3]) *J. am. Ch. Soc.*, 58, 1936, p. 94.

([4]) Cette pipéridine a été spécialement purifiée.

fréquences moyennes sont

$$\Delta\nu_1 = 1050 \text{ cm}^{-1}, \qquad \Delta\nu_2 = 1400 \text{ cm}^{-1}.$$

En solution dans $CHCl^3$, CCl^4, l'anhydride émet un spectre très différent du précédent (1). Nous avons repris l'étude de ces derniers mélanges en utilisant comme filtre de lumière la solution alcoolique de rhodamine et nitrobenzène indiquée par Sanié, Lamy et Poremski (2). Sur les clichés nous relevons les fréquences suivantes (solvant CCl^4)

$$\Delta\nu_1 = 860 \text{ cm}^{-1}, \quad \Delta\nu_2 = 1244 \text{ cm}^{-1} \text{ (assez forte)}, \quad \Delta\nu_3 = 1335 \text{ cm}^{-1} \text{ (forte, fine)}.$$

Une autre raie est présente à 1112 cm^{-1}, mais elle est très faible et d'attribution douteuse.

Il y a donc là deux types différents de structure moléculaire. Nous avons cherché si la forme cristalline appartient à l'un d'eux.

Les spectres Raman de cristaux ont été obtenus de la manière suivante. Les cristaux, fraîchement redistillés dans l'ozone et bien secs, sont massés contre la face de sortie du tube Raman, sans aucun liquide d'interposition. Le tube Raman est placé dans un vase Dewar contenant de l'alcool refroidi. L'excitation est faite par la raie 4358 Å du mercure, la lumière étant filtrée par la solution rhodamine-nitrobenzène. Dans ces conditions, avec des poses d'une dizaine d'heures, la fente du spectrographe étant ouverte à $0^{mm},04$, plusieurs clichés ont été pris. Sur tous, deux raies fines sont présentes :

$$\Delta\nu_1 = 1051 \text{ cm}^{-1} \quad \text{et} \quad \Delta\nu_2 = 1400 \text{ cm}^{-1},$$

N^2O^5 dissous dans HNO^3, H^2SO^4 ou leurs mélanges a donc la même structure qu'à l'état cristallin.

Par ailleurs les spectres infrarouges de N^2O^5 gaz ou dissous dans CCl^4 sont identiques (3); N^2O^5 a donc la même structure qu'il soit à l'état de gaz ou de solution dans CCl^4, $CHCl^3$.

Russ et Pokorni (2) ont montré que N^2O^5 cristallin est fortement polymérisé. On peut donc supposer que N^2O^5 cristallisé ou dissous dans l'acide nitrique et l'acide sulfurique est polymérisé, alors qu'à l'état de gaz ou de solution dans CCl^4, $CHCl^3$, il existe à l'état monomoléculaire. Ainsi s'expliqueraient les deux types de structure et de spectres Raman.

Pour le vérifier nous avons pris un spectre Raman de N^2O^5 en solution

---

(1) *Comptes rendus*, **201**, 1935, p. 552.
(2) *Monatsh.*, **34**, 1913, p. 1048.
(3) F. Daniels, *J. Am. Soc.*, **47**, 1925, p. 2856.

dans l'oxychlorure de phosphore $POCl^3$. Walden, qui a étudié ces solutions par cryoscopie, a montré que N^2O^5 y est à l'état monomoléculaire (¹). $POCl^3$ est distillé sur P^2O^5 juste avant dissolution ; les solutions sont relativement stables, elles étaient maintenues pendant la pose aux environs de 0°. L'excitation des spectres est identique à celle qui a été décrite plus haut. Dans ces conditions on a mesuré les raies :

$$\Delta\nu_1 = 1243 \text{ cm}^{-1}, \qquad \Delta\nu_2 = 1337 \text{ cm}^{-1}.$$

Le spectre est du même type que ceux de N^2O^5 en solution dans CCl^4. Nous conclurons donc que N^2O^5 existe sous deux formes moléculaires. L'une est monomoléculaire (le corps gazeux, ou dissous dans CCl^4, $CHCl^3$, $POCl^3$), ses fréquences Raman sont : 860-1240 et 1335 cm^{-1}. L'autre est polymérisée (cristal, solutions dans HNO^3, H^2SO^4) et son spectre se compose des raies 1050 cm^{-1} et 1400 cm^{-1}.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Constitution et durcissement structural d'austénites au glucinium carburées.* Note de M. **Marcel Ballay**, présentée par M. Léon Guillet.

Quand on ajoute des quantités croissantes de glucinium à un alliage constitué, pour des conditions de solidification données, de graphite et d'une austénite riche en nickel, une partie du carbone passe à l'état combiné; puis on voit apparaître un constituant, ayant les caractères du composé Gl^2C, dont nous avons précédemment (²) signalé l'existence dans les alliages fer-carbone-glucinium. Ces modifications de l'état du carbone se traduisent par une augmentation de la dureté Brinell, qui passe par exemple de 120 (500^{kg}, bille de 5^{mm}), pour l'alliage initial sans glucinium, à 470 pour 3,88 pour 100 de Gl($C_T = 2{,}95$, $Ni = 17{,}22$, $Si = 1{,}52$, $Mn = 1{,}43$).

En l'absence de glucinium, les austénites de ce type sont assez stables et ne durcissent que très peu par chauffage prolongé vers 500° en même temps qu'elles deviennent faiblement magnétiques. Le glucinium rend possible le durcissement structural par précipitation d'un composé soluble dans l'austénite. A la précipitation peut se superposer la transformation $\gamma \rightarrow \alpha$, ce

(¹) *Z. anorg. Ch.*, 68, 1910, p. 314.

(²) *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 1124.

qui en rend l'étude délicate, mais il est cependant possible de séparer nettement les deux effets par des revenus à températures croissantes.

Le tableau ci-après donne les duretés (charge de 750^{kg}, bille de 5^{mm} de diamètre) d'alliages trempés à l'eau après chauffage pendant 15 minutes à 1000°, puis réchauffés successivement pendant 1 heure à 500°, 650° et 800°; les duretés sont d'ailleurs sensiblement les mêmes si les revenus portent sur les alliages bruts de coulée (jets de 25^{mm} de diamètre coulés en sable). Les essais ont été faits également sur des alliages à teneurs différentes en silicium pour comparer l'effet de cet élément sur la stabilité de l'austénite. Les six alliages contenaient : $C_T = 2,83$ à 2,90 pour 100, Ni = 17,34 à 17,38 pour 100, Mn = 1,32 à 1,34 pour 100.

	Si pour 100.	Gl pour 100.	Δ. Trempé.	Revenu 500° : 1 h.	Revenu 650° : 1 h.	Revenu 800° : 1 h.
A........	1,56	0	128	132	172	122
B........	1,56	1,02	145	273	232	183
C........	1,56	1,52	231	361	379	321
....	....	....	...	...	...	...
D........	1,59	0	132	134	168	123
E........	5,03	0	101	116	151	147
F........	6,77	0	128	204	205	199

L'étude de la variation de la dureté en fonction de la température de revenu montre bien une augmentation globale sans faire ressortir la part qui revient à la transformation $\gamma \rightarrow \alpha$ et celle qui peut être attribuée à la précipitation d'un composé contenant du glucinium.

Pour apprécier l'importance de chacune de ces causes de durcissement, nous avons particulièrement étudié le revenu d'un alliage contenant $C_T = 2,95$, Si = 1,52, Mn = 1,43, Ni = 17,22, Gl = 1,70, préalablement trempé à l'eau à 1000°, en enregistrant des courbes successives au dilatomètre photographique Chèvenard et en mesurant après chaque cycle, sur l'éprouvette, la dureté, le coefficient de dilatation à 100° et le magnétisme (attraction produite par un même aimant). Le tableau ci-après montre que le chauffage à 535° a produit une notable augmentation de dureté Δ sans influer sur la dilatabilité α et le magnétisme.

	Δ (30^{kg}, 1^{mm}).	$10^6\alpha$ à 100°.	Magnétisme (attraction en gr.).
Trempé à l'eau	235	17,6	6
Après chauffage à 500°...........	273	17,8	3
» 535	330	17,7	6
» 605	357	15,6	43
» 700	388	14,5	53
» 900	459	–	81

Les courbes dilatométriques pour les chauffages à 500 et 535° ne montrent pas d'anomalies au refroidissement. Les courbes suivantes indiquent une expansion importante au refroidissement débutant à 80° environ pour les chauffages à 600 et 700° et à 125° pour le chauffage à 900°. Cette expansion qui correspond à la transformation $\gamma \rightarrow \alpha$ a peu d'influence sur la dureté. Nous nous en sommes assuré en réchauffant 10 minutes à 600° ou 650° au bain de sel deux échantillons du même alliage; l'un était refroidi brusquement à l'eau et l'autre plus lentement à l'air. Le magnétisme était évalué ensuite par l'attraction d'un aimant et la dureté Brinell mesurée à la bille ($750^{kg}/5^{mm}$).

	Δ.	Magnétisme (attraction en grammes).
Trempé à 1000°	225	20
Trempé, revenu 10 minutes à 600°, arrêt à l'eau	348	20
Trempé, revenu 10 minutes à 600°, arrêt à l'air	335	60
Trempé, revenu 10 minutes à 650°, arrêt à l'eau (1)	365	58
Trempé, revenu 10 minutes à 650°, arrêt à l'air (1)	362	145

Ces résultats confirment bien que le magnétisme apparaît surtout au cours du refroidissement suivant le revenu et n'a pas d'influence notable sur le durcissement, au moins pour des chauffages allant jusqu'à 650°.

L'effet du silicium est différent; pour l'alliage F à 6,77 pour 100, le microscope montre bien, après réchauffage à 800°, de fines particules d'un composé précipité dans l'austénite, mais le durcissement reste plus faible, accompagné de modifications intenses des propriétés magnétiques et dilatométriques en relation avec la transformation $\gamma \rightarrow \alpha$.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse d'une molécule allénique asymétrique de la série grasse au moyen d'une transposition acétylène-allénique* (2). Note de MM. **A. E. Favorsky** et **P. A. Fikhomolow**, présentée par M. Auguste Béhal.

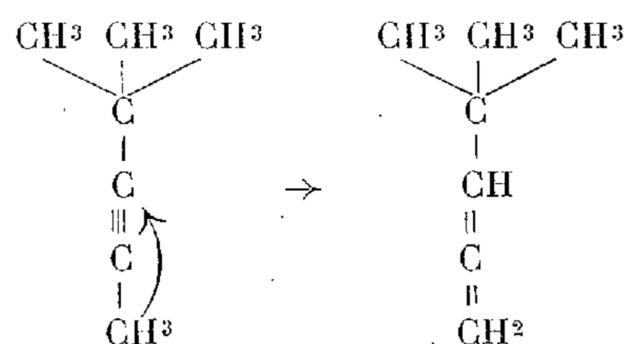
Mlle O. P. Aléxéjéwa (3) avait montré que le méthyl-butyl tertiaire-acétylène, au moment de sa formation par la réaction de l'iodure de méthyle

(1) Les revenus ont été faits successivement à 600 et 650° sur les mêmes échantillons, le revenu étant toujours arrêté dans les mêmes conditions.

(2) Favorsky et Favorskaja, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 839.

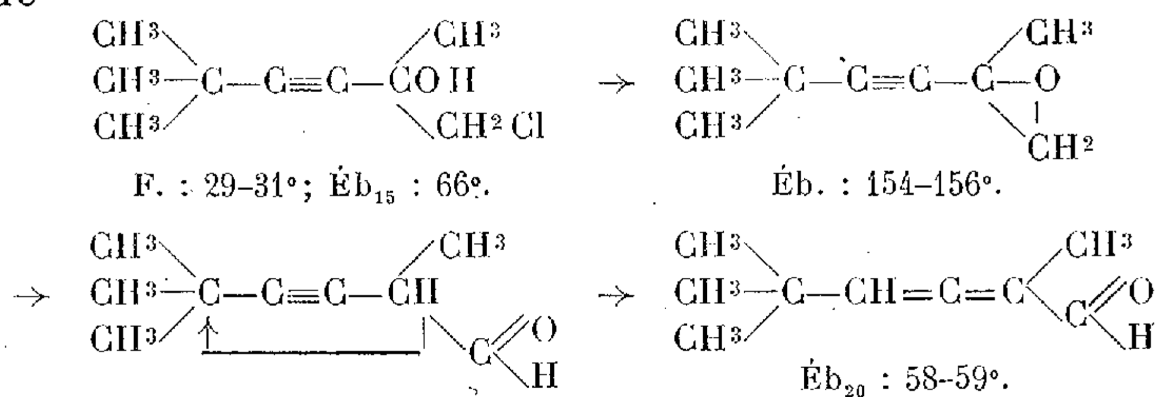
(3) *Journ. Soc. Ph. Chim. russe*, 50, 1918, p. 568.

sur le bromure de butyl tertiaire-magnésium, s'isomérise en buthyl tertiaire-allène :



Nous nous sommes servis de cette transposition pour la synthèse d'une molécule allénique asymétrique, capable d'être décomposée en antipodes optiques, admettant que, non seulement dans le cas indiqué, mais en général sous l'influence du radical tertiaire dans les acétylènes bisubstitués, aura lieu une migration d'un atome d'hydrogène fixé au second substituant en position β et formation d'une structure allénique; dans le cas, où ce substituant possédera un groupement fonctionnel quelconque, la molécule asymétrique obtenue pourra être décomposée en antipodes optiques.

La synthèse fut réalisée de la manière suivante : par l'action du butyl-tertiaire-acétylène-bromomagnésien sur la chloracétone fut obtenu l'alcool chloré tertiaire correspondant; de ce dernier, sous l'action de potasse en poudre dans une solution éthérée, on a obtenu un oxyde qui fut ensuite isomérisé par l'action du chlorure de zinc en aldéhyde acétylénique. L'aldéhyde, en s'isomérisant de son côté, a procuré une molécule allénique asymétrique



L'aldéhyde donne une semicarbazone (F. : 156-157°). Étant oxydée par le permanganate de potassium elle a donné les acides triméthylpyruvique, triméthylacétique et acétique. L'ozonisation a donné les acides formique et triméthylacétique ainsi que l'aldéhyde acétique qui s'est formé comme produit de la décomposition de l'acide lactique pendant l'ébullition des acides avec l'acide sulfurique étendu.

La décomposition de la molécule asymétrique en anipodes optiques est en train.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Méthode d'extraction des aldéhydes et des cétones de leurs combinaisons bisulfitiques.* Note de M. **André Barbot**, présentée par M. Georges Urbain.

Dans le but de régénérer les aldéhydes et les cétones de leurs combinaisons avec le bisulfite de sodium, on utilise communément l'action des acides ou des agents alcalins sur les combinaisons bisulfitiques. L'acide sulfureux que les acides mettent en liberté dans cette action s'élimine difficilement des solutions aqueuses dont il est souvent nécessaire de prolonger l'ébullition, provoquant une condensation appréciable de l'aldéhyde. De plus, si la cétone ou l'aldéhyde n'est pas saturée, l'addition de l'acide sulfureux sur la double liaison est à redouter. L'emploi du carbonate de sodium ne présente pas à un degré aussi élevé ces inconvénients, bien que le sulfite de sodium soit un bon agent de condensation des aldéhydes; en outre, l'acide sulfureux n'étant plus libéré, l'usage en est généralement préféré.

Il est des cas où la présence d'un milieu alcalin est à rejeter; par exemple si la molécule de l'aldéhyde ou de la cétone renferme des groupements saponifiables. De même, le chauffage avec la solution de sulfite peut être indésirable; par exemple si l'aldéhyde ou la cétone renferment des atomes d'halogène susceptibles de s'échanger facilement contre des groupements sulfoniques.

J'ai constaté qu'il était possible de déplacer un aldéhyde ou une cétone de sa combinaison bisulfitique par le formol.

Bien que l'étude de l'état d'équilibre entre le bisulfitique de l'aldéhyde ou de la cétone considérées et du sulfoxylate de sodium n'ait pas été entreprise spécialement, l'expérience montre que du point de vue de la régénération des aldéhydes ou des cétones, il n'est pas nécessaire d'employer un gros excès de formol pour provoquer un déplacement pratiquement complet du dérivé carbonylé.

Ceci tient à la stabilité toute particulière de l'oxyméthane-sulfonate de sodium, très supérieure à celle des autres combinaisons bisulfitiques. Cela permet le cas échéant de pouvoir, entres certaines limites, aciduler ou alcaliniser la solution mère sans provoquer la libération du formol ou de l'acide sulfureux.

Le déplacement de la cétone ou de l'aldéhyde par le formol a lieu avec une vitesse qui est fonction des concentrations en formol et en bisulfitique, de la température et de la nature du dérivé carbonylé.

On peut opérer à la température ordinaire : l'aldéhyde ou la cétone libérés se rassemblent en une couche dont l'épaisseur traduit l'état de la réaction. Pratiquement il est préférable de chauffer à la température du bain-marie. Pour un dérivé bisulfitique dont la décomposition eut exigé 24 heures à la température ordinaire, il ne faut plus alors que 2 à 3 heures.

Le mode opératoire est le suivant :

Le bisulfitique est mis en suspension dans l'eau et additionné de formol jusqu'à odeur apparente. La solution est chauffée au bain-marie. La couche du dérivé carbonylé est décantée. On vérifie en prolongeant un peu le chauffage des eaux mères après addition d'une petite quantité de formol qu'il ne se sépare plus de produit.

La méthode, qui a été essayée sur les bisulfitiques de divers cétones et aldéhydes, a servi à la purification du semi-aldéhyde-éther sébacique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action des acides organiques sur les éthers-sels.* Note [1] de MM. **Henry Gault** et **André Chablay**, présentée par M. Marcel Delépine.

Le déplacement, dans les éthers-sels, des *acides* correspondant aux radicaux *acidyles* par d'autres acides, n'a donné lieu, dans le cas des éthers-sels des acides organiques, à part la courte mention que l'on relève à ce sujet dans le *Traité de Chimie organique* de Berthelot et Jungfleisch, qu'à un nombre restreint de publications [2].

Toutefois les recherches de ces divers auteurs ont eu surtout, sauf celles de E.-E. Reid, un but pratique et nous n'avons pas connaissance qu'aucune étude systématique développée de cette réaction, à laquelle L. Palfray a donné le nom d'*acidolyse*, ait été publiée jusqu'à présent.

L'acidolyse, comme on peut le déduire de la conjugaison des deux réactions d'équilibre relatives à l'éthérification d'un même alcool par deux acides différents, est elle-même une réaction reversible. Nous avons jugé intéressant d'en faire l'étude cinétique expérimentale et nous avons dirigé,

---

(1) Séance du 28 septembre 1936.

(2) Berthelot et Jungfleisch, *Traité de Chimie organique*, 1, 1898, p. 258; E. E. Reid, *Amer. Chem. J.*, 45, 1911, p. 479; W. Normann, *Chem. Umschau*, 30, 1923, p. 250; K. Pistor, *Farben Z.*, 30, 1925, p. 3056; E. Fourneau et Sabetay, *Bull. Soc. chim.*, 41, 1927, p. 537 et 45, 1929, p. 835; R. Oda, *J. Soc. Chem. Japan Suppl.*, 36, 1933, p. 292, 376, 496 et 571 B; G. D. Graves, Br. amér. 1882808, 1928.

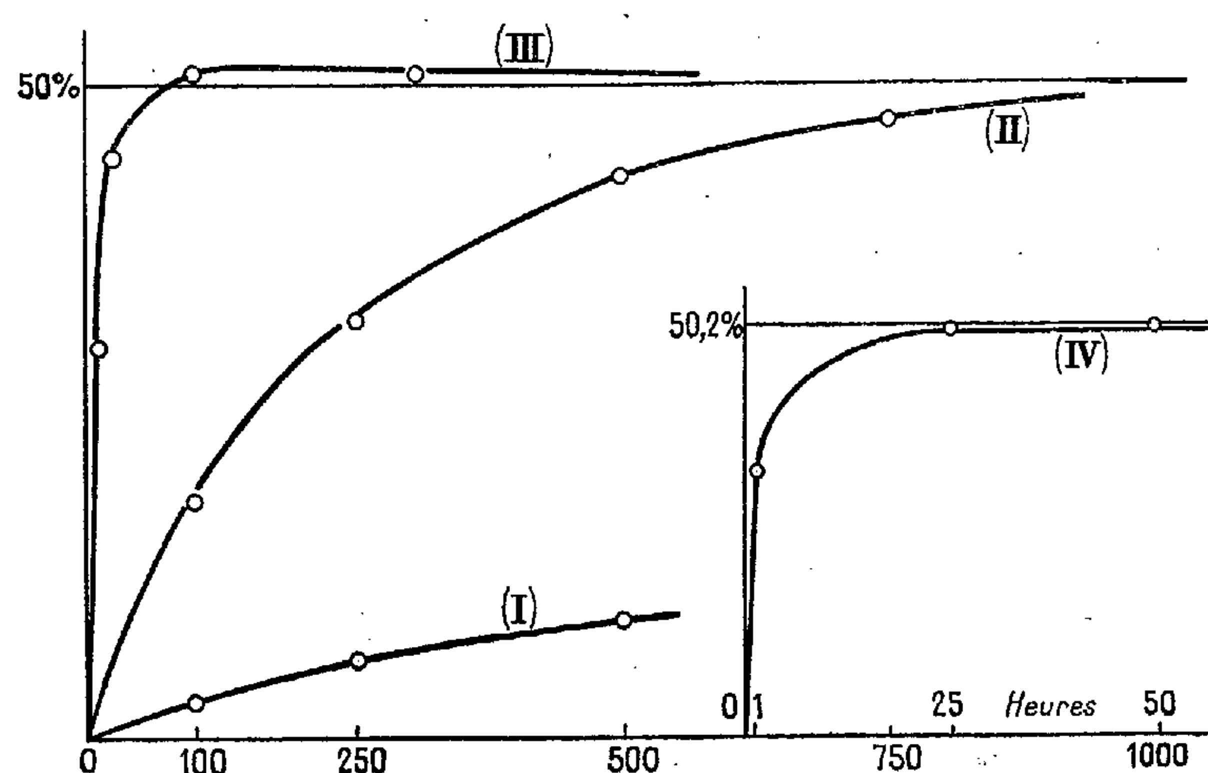
en premier lieu, nos recherches sur le système double suivant :



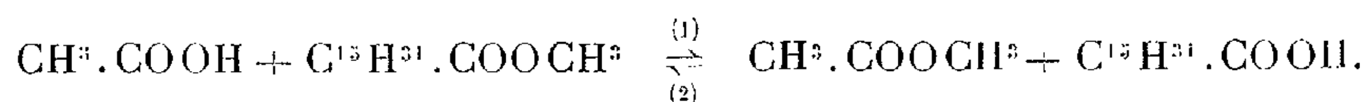
$$R.COOH + R'.COOCH^3 \rightleftharpoons R.COOCH^3 + R'.COOH,$$

dans lequel R et R' sont des radicaux acycliques saturés.

Nous exposons dans cette Note les premiers résultats que nous avons obtenus dans l'étude du système double pour lequel $R = CH^3$



et $R' = C^{15}H^{31}$, c'est-à-dire du système acide acétique-palmitate de méthyle (1) et acide palmitique-acétate de méthyle (2)



$$CH^3.COOH + C^{15}H^{31}.COOCH^3 \underset{(2)}{\overset{(1)}{\rightleftharpoons}} CH^3.COOCH^3 + C^{15}H^{31}.COOH.$$

Ce système double est plus particulièrement facile à étudier en raison de la simplicité des opérations analytiques qui, se ramenant au titrage de mélanges d'un acide soluble et d'un acide insoluble dans l'eau, permettent d'en suivre aisément l'équilibre.

Dans une première série d'essais, nous avons étudié la vitesse des deux réactions (1) et (2), en l'absence et en présence de catalyseur, à température constante (100°) et pour une concentration initiale bien déterminée, en fait la concentration équimoléculaire. Voici les résultats que nous avons obtenus.

I. Essais en l'absence de catalyseur. — 1° *Acide acétique + palmitate de méthyle.* — La réaction de déplacement est très lente et, au bout de 500 heures, 9,07 seulement d'acide acétique sont transformés en acétate de méthyle : l'équilibre est très loin d'être atteint [courbe (I)].

2° *Acide palmitique + acétate de méthyle.* — Cette réaction, inverse de la précédente, est beaucoup plus rapide; en 500 heures, 42,7 pour 100 d'acide palmitique sont transformés en palmitate de méthyle : l'équilibre est presque atteint au bout de 1000 heures [courbe (II)].

II. Essais en présence de catalyseur. — Qu'il s'agisse de l'une ou l'autre des réactions (I) et (II), la vitesse est considérablement accélérée. L'état d'équilibre (50 à 51 pour 100) est atteint en 50 heures environ avec 5 d'acide sulfurique pour 1000 d'acide acétique pour la réaction (1) [courbe (III)] et en 12 heures environ avec 5 d'acide sulfurique pour 1000 d'acétate de méthyle pour la réaction (II) [courbe (IV)].

Le déplacement de l'acide acétique par l'acide palmitique dans l'acétate de méthyle est donc, en l'absence comme en présence de catalyseur et comme on pouvait le prévoir, plus rapide que le déplacement de l'acide palmitique par l'acide acétique dans le palmitate de méthyle.

Ces résultats expérimentaux et le calcul des constantes de vitesse et d'équilibre vérifient que la réaction d'un acide organique sur un éther-sel est bien une réaction réversible obéissant aux lois générales des équilibres chimiques.

Nous nous proposons d'étendre successivement cette étude à des systèmes d'acides et d'éthers-sels appartenant aux divers groupes de la Chimie organique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Polymorphisme de l'octacétylsaccharose.* Note de M. **Marcel Frèrejacque**, présentée par M. Richard Fosse.

1. L'octacétylsaccharose a été obtenu pour la première fois à l'état cristallin par Herzfeld et Niedschlag (¹), qui indiquent que ce corps fond à 67°. Ce dérivé a été préparé depuis par bien des chercheurs, qui lui ont assigné, entre autres, les points de fusion suivants : 67° (²), 69° (³), 72°-73° (⁴), 70° (⁵).

En 1930, Pictet (⁶) a signalé que l'octacétylsaccharose fraîchement préparé fond bien à 70° (forme I), mais que le point de fusion s'abaisse avec le temps jusqu'à 65°,

(¹) *Chemiker Zeitung*, 1887, p. 139.

(²) Kœnigs et Knorr, *Berichte deut. chem. Ges.*, **34**, 1901, p. 4347.

(³) Hudson et Johnson, *J. Amer. Chem. Soc.*, 37, 1915, p. 2748.

(⁴) Brigl et Scheyer, *Zeit. physiol. Chem.*, **160**, 1926, p. 214.

(⁵) Pictet et Vogel, *Helv. Chim. Acta*, **11**, 1928, p. 436.

(⁶) *Helv. Chim. Acta*, **13**, 1930, p. 698.

pour se fixer finalement à 75° (forme II) après quelques mois de conservation. Ce phénomène semble avoir été réobservé par Georg (1). Les formes I et II, quoique ayant des propriétés cristallographiques voisines, diffèrent nettement par la valeur des indices n_m et n_p (2).

Enfin Cox, Ferguson et Dodds (3), qui ont particulièrement étudié la préparation industrielle et les propriétés physiques de ce dérivé, indiquent qu'il fond à 69-70°, mais que le point de fusion varie quelque peu avec la vitesse de chauffe.

II. Ayant acétylé du saccharose par la méthode habituelle, j'ai été fort surpris d'obtenir des résultats inattendus. Une première opération m'a conduit à un dérivé acétylé sirupeux qui a cristallisé spontanément avec le temps : l'octacétylsaccharose obtenu ainsi est identique à la forme I de Pictet, quoique son point de fusion soit un peu bas (65°); une seconde opération m'a conduit d'emblée à la forme I cristallisée. Ayant conservé les deux échantillons ainsi préparés, nous avons observé que leur point de fusion devenait peu net, au bout de quelques mois. Précipitant alors par l'eau, une solution alcoolique de cette forme I, nous avons obtenu l'octacétylsaccharose sous forme de longues aiguilles fondant à 87°. Ultérieurement, toutes les acétylations que nous avons effectuées sur divers échantillons de sucre nous ont conduit d'emblée à la forme fondant à 87° que j'appellerai forme III. Je n'ai d'ailleurs jamais pu reproduire la forme I en amorçant une solution sursaturée de I ou de III, sans doute parce que les échantillons préparés initialement de forme I étaient déjà contaminés par la forme III.

III. Les formes I et III ne contiennent pas de solvant de cristallisation; elles ont le même indice d'acétyle; la forme III ne peut pas être reacétylée; sous l'action de l'ammoniac alcoolique, elle régénère du saccharose. La forme III est moins soluble que la forme I : une solution de I dans le sulfure de carbone laisse rapidement déposer des cristaux de III.

Les formes I et III ont, dans le chloroforme, le même pouvoir rotatoire et la même dispersion rotatoire, aux erreurs d'expérience près :

Forme I.........	$[\alpha]_{589}^{22,5} = +59°,4$	$[\alpha]_{546}^{22,5} = +70°,9$	$\frac{[\alpha]_{436}}{[\alpha]_{578}} = 1,86$
Forme II........	$[\alpha]_{589}^{22,5} = +59°,3$	$[\alpha]_{546}^{22,5} = +70°,8$	$\frac{[\alpha]_{436}}{[\alpha]_{578}} = 1,86$

(1) *Helv. Chim. Acta*, **16**, 1933, p. 130.
(2) Duparc et Galopin, *Helv. Chim. Acta*, **13**, 1930, p. 702.
(3) *Ind. and Eng. Chemistry*, **25**, 1933, p. 967.

IV. M. Gaubert a bien voulu examiner les formes I et III au point de vue cristallographique. Il résulte de ses mesures que, pour la forme I (recristallisée dans l'alcool), les indices n_g, n_m, n_p ont, pour la lumière jaune, les valeurs suivantes :

n_g voisin de 1,50, $n_m = 1,466$ ($\pm$ 0,003), $n_p = 1,442$ ($\pm$ 0,003).

Ces valeurs s'accordent avec celles trouvées par Duparc et Galopin pour la forme I.

Les mesures faites sur la forme III ont été exécutées sur un échantillon recristallisé du sulfure de carbone : on a ainsi obtenu de longues aiguilles d'apparence soyeuse, mais qui sont en réalité des prismes *creux* aisément déformables. Les indices trouvés sont :

$n_g = 1,505$ ($\pm$ 0,003), $n_m = 1,485$ ($\pm$ 0,003), $n_p = 1,458$ ($\pm$ 0,003),

valeurs très différentes de celles obtenues par Duparc et Galopin pour les formes I et II.

On voit donc que l'octacétylsaccharose est trimorphe, la forme la plus stable, décrite plus haut, fondant à 87°.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Contribution à l'étude du β-myrcène. Son hydrogénation catalytique.* Note (¹) de MM. **Georges Dupont** et **Victor Desreux**, présentée par M. Robert Lespieau.

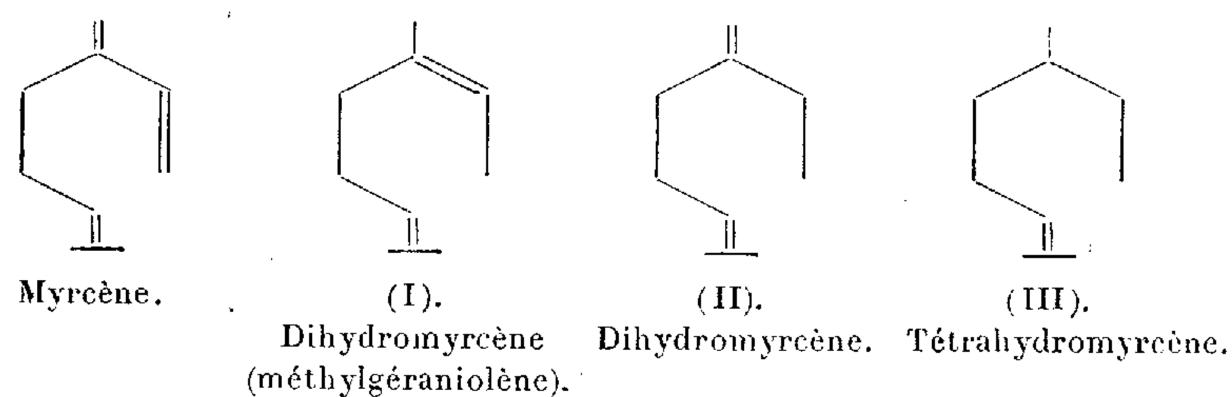
Nous avons montré (²) que le β-myrcène s'hydrogénait par l'action du sodium et de l'alcool, non pas exclusivement en α sur la double liaison, comme le pensait Semmler, mais encore, en partie, sur la liaison primaire-secondaire terminale.

Nous avons pensé qu'il pouvait être important, pour la connaissance du mécanisme de l'hydrogénation des systèmes conjugués, de comparer aux résultats précédents ceux que peuvent fournir les procédés catalytiques d'hydrogénation.

1. *Hydrogénation par le nickel actif.* — Ce procédé (³), appliqué au myrcène en arrêtant l'hydrogénation après fixation d'une molécule d'hy-

(¹) Séance du 5 octobre 1936.
(²) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 623.
(³) Voir G. Dupont, *Bull. Soc. chim.*, 5ᵉ série, 3, 1936, p. 1021.

drogène, donne un dihydromyrcène dont le spectre est tout à fait semblable à celui du carbure fourni par l'action du sodium et de l'alcool. L'hydrogénation s'est faite encore ici surtout en position 1.4 sur le système conjugué [en donnant du méthylgéraniolène (I)] mais elle a porté partiellement aussi sur la double liaison terminale en donnant le dihydromyrcène (II) :



La proportion de ce deuxième produit est ici visiblement très supérieure à ce qu'elle était dans le cas de l'hydrogénation par le sodium et il est d'ailleurs possible ici de la déterminer.

Si l'on poursuit, en effet, l'hydrogénation du mélange, on constate qu'il peut, à nouveau, absorber $0^{mol},37$ d'hydrogène, mais pas davantage. Dans le spectre du produit obtenu, on retrouve toutes les raies du méthylgéraniolène, mais la raie 1648 a disparu. D'ailleurs, le méthylgéraniolène pur résiste à l'hydrogénation par cette méthode. C'est donc le dihydromyrcène (II) qui a fixé les $0^{mol},37$ d'hydrogène, pour donner un tétrahydromyrcène (III) qui, d'ailleurs, résiste à l'hydrogénation. Ce résultat nous montre que la proportion de dihydromyrcène (II) dans le produit d'hydrogénation était voisine de 37 pour 100.

2. *Hydrogénation par le charbon palladié.* — Le résultat obtenu ici est intermédiaire entre les deux précédents, l'*hydrogénation se fait encore ici principalement en position* 1.4 *sur le système conjugué* (75 *pour* 100 *environ*), *mais partiellement aussi* (25 *pour* 100 *environ*) *sur la double liaison terminale*.

3. *Hydrogénation par le noir de platine.* — Enfin, avec le noir de platine (platine d'Adams), nous trouvons un processus tout différent d'hydrogénation.

Le produit obtenu, en arrêtant l'opération après absorption de 1^{mol} d'hydrogène, se présente, à l'analyse Raman, comme un mélange de myrcène non touché et d'un tétrahydromyrcène. Par fixation de 2^{mol} d'hydrogène, le myrcène disparaît complètement, et l'on obtient seulement du tétrahydromyrcène (III). Le produit ainsi obtenu, qui contient

encore une double liaison, ne fixe plus d'hydrogène en présence de platine dans les conditions ou nous opérons.

Il ne se forme pas intermédiairement de dihydromyrcène car :

1° le spectre du produit semi-hydrogéné ne contient ni les raies caractéristiques du méthylgéraniolène ni la raie 1648 correspondant à une double liaison terminale;

2° le méthylgéraniolène lui-même, traité dans les mêmes conditions, fixe 2 molécules d'hydrogène en donnant le composé saturé sans arrêt notable au stade intermédiaire (pas de raies correspondantes dans le spectre du produit de semi-hydrogénation, qui est l'exacte superposition de celui du méthylgéraniolène et de celui du dérivé saturé).

Il résulte de ce qui précède que le méthylgéraniolène ne peut être un produit intermédiaire dans l'hydrogénation du myrcène, puisque son hydrogénation propre conduirait au produit saturé.

L'absence de raie 1648 dans le spectre du tétrahydromyrcène conduit à lui attribuer la formule (III) du diméthyl-2.6-octène-2.

Cette formule a été confirmée par l'oxydation par l'ozone qui a donné une proportion d'acétone égale à 80 pour 100 de la quantité théorique.

Les propriétés de ce diméthyl-2.6-octène-2 sont les suivantes : ébull. 65-66° sous 17^{mm}; $D_4^{22} = 0,746$; $n_D^{22} = 1,425$ n. de brome 1,9 atome.

Spectre : 386 (f. 1), 454 (f. 1), 764 (an. 2), 832 (f. 3), 911 (an. 3), 953 (f. 2), 1066 (an. 1), 1130 (an. 2), 1278 (f. 3), 1349 (an. 3), 1379 (n. 8), 1434-61 (b. 12), 1675 (n. 15).

Conclusions. — 1° L'hydrogénation catalytique par le noir de palladium ou par le nickel de Raney, se fait suivant le même mécanisme que par le sodium et l'alcool : formation largement dominante de méthylgéraniolène (par fixation de 2H en position γ sur le système conjugué). Mais la proportion du produit résultant de la simple saturation de la double liaison terminale est plus forte dans le cas du palladium (25 pour 100) et plus forte encore dans le cas du nickel (37 pour 100 environ). Ces résultats contredisent l'opinion généralement admise que l'hydrogénation catalytique des systèmes conjugués se fait principalement, sinon exclusivement, sur l'une des deux doubles liaisons.

2° L'hydrogénation catalytique, à l'aide du platine d'Adams, s'effectue suivant un mécanisme tout à fait différent : la fixation en 1.4 est inexistante ici; le carbure fixe *en bloc* 2 molécules d'hydrogène sur le système conjugué sans formation sensible d'un dihydromyrcène intermédiaire. Un

résultat semblable (fixation en bloc de $2H^2$) est d'ailleurs obtenu avec le géraniolène lui-même et le fait est ici d'autant plus remarquable que les doubles liaisons ne sont plus conjuguées mais distantes dans la chaîne si, du moins, on considère celle-ci comme droite.

GÉOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Genèse des colloïdes argileux dans l'altération spontanée d'un granite en case lysimétrique.* Note de MM. **Albert Demolon** et **Étienne Bastisse**, présentée par M. Lucien Cayeux.

La méthode expérimentale utilisée par Daubrée, dès 1867, dans l'étude de l'altération des roches a, entre autres inconvénients, celui d'exagérer artificiellement les effets de trituration mécanique. Nous avons observé l'altération d'un granite dans des conditions plus voisines de celles réalisées naturellement, en utilisant des cases lysimétriques. Chaque case ($1^m \times 1^m$) a été remplie en 1930 avec un granite à deux micas préalablement réduit en fragments de dimensions comprises entre 2 et 4^{mm} (800^{kg} de granite sur une épaisseur de 60^{cm}). Les eaux de drainage, toujours limpides, ont été recueillies et analysées périodiquement. Après cinq années d'abandon aux conditions naturelles sans végétation, nous avons examiné les modifications survenues.

1° L'analyse mécanique a montré que la masse se répartissait en trois fractions sensiblement égales : de 2 à 1^{mm}, de 1 à $0^{mm},2$ et au-dessous de $0^{mm},2$. Le taux d'éléments classés dans la catégorie argile ($< 2^{\mu}$) s'est élevé à 0,80 pour 100 avec une répartition sensiblement identique en surface et en profondeur. La pulvérisation du granite initial s'est donc poursuivie uniformément dans toute la masse sans l'intervention des sources d'énergie mécanique mise en jeu au cours des phénomènes de transport. D'autre part, la séparation des espèces minérales est à peu près totale au-dessous de 200^{μ}.

2° L'analyse chimique des divers fractionnements montre que les modifications ne commencent à se manifester que pour les éléments de moins de 200^{μ}; au fur et à mesure que s'accroît la finesse des particules, le taux de SiO^2 s'abaisse graduellement tandis que les sesquioxydes et l'eau d'hydratation augmentent.

	Granite initial.	Granite altéré des cases.			Terre granitique. (sous-sol).	Terre à briques (horizon B).
		Limon 20µ à 2µ.	Argile 2µ à 0µ,75.	Argile < 0µ,75.	Argile < 0µ,75.	Argile < 0µ,75.
SiO^2	74,75	69,43	60,72	55,61	42,40	48,90
Al^2O^3	13,50	15,95	21,59	22,98	31,05	25,40
Fe^2O^3	1,50	2,22	2,70	2,82	7,85	8,70
CaO	0,93	0,98	0,99	1,12	0,30	0,22
MgO	0,59	0,93	1,46	2,03	0,51	1,26
K^2O	4,63	4,65	4,50	4,63	3,21	2,70
H^2O	0,90	2.10	4,06	7,54	10,95	9,77
$(SiO^2)/(Sesquiox.)$	8,78	6,64	4,40	3,87	2,00	2,67
Cap. de fixation des bases (méq. pour 100g)	–	–	61	67	81	82

Quant aux bases à l'état non échangeable, leur proportion centésimale varie peu en ce qui concerne CaO et K^2O, tandis qu'on observe une élévation marquée du taux de MgO. La comparaison avec le granite initial ne fournit pas d'indications précises sur l'évolution de ces divers éléments, les constituants du granite concourant inégalement à la formation de la fraction colloïdale. L'analyse des eaux de drainage permet, au contraire, de chiffrer exactement les pertes par lessivage.

Au cours des cinq années considérées, il est tombé 2806mm de pluie dont 1159 ont drainé. Il n'a été ainsi éliminé au total par case que 311g de matières minérales renfermant 20g de SiO^2, 31g de K^2O, 18g,4 de MgO, 89g de CaO. Cette perte de substances solubles est très inférieure à celle constatée par Daubrée. Si l'on tient compte de ce qu'il y a eu formation de 6kg,48 de matières argileuses, on peut conclure que les processus de solubilisation et d'hydrolyse entraînant l'élimination des bases n'ont contribué que pour une faible part à cette production. Ce sont les phénomènes d'*hydratation* qui ont joué le rôle principal.

3° La fraction inférieure à 2µ présente le caractère de *suspensoïdes hydrophiles* propres aux colloïdes argileux avec une capacité de fixation pour les bases atteignant 66 milliéq. pour 100g. Cette matière argileuse a été fractionnée en deux parties, de 2µ à 0µ,75, et au-dessous de 0µ,75. La composition comparée des deux fractions reflète une évolution plus avancée des particules les plus fines.

D'autre part, nous avons rapproché ces colloïdes de ceux extraits du

sous-sol d'une terre granitique provenant de la même roche mère et de l'horizon B d'une terre de limon. Les différences portent essentiellement sur le taux de SiO^2 et sur les teneurs en bases non échangeables (CaO, MgO, K^2O). Ces deux indices sont plus élevés dans le cas des colloïdes de néo-formation.

Conclusions. — L'expérience que nous venons de relater permet de saisir la genèse de l'argile dans l'altération du granite. Elle montre que les colloïdes argileux prennent naissance de façon précoce par voie d'hydratation des minéraux avec conservation d'une partie importante des bases de constitution. Nos observations rejoignent sur ce point celles de Zemiatchensky (¹) concluant à la transformation des feldspaths en hydromicas. On doit donc considérer que la théorie de S. Marrson (²) expliquant la formation de l'argile par précipitation mutuelle de colloïdes divers ne correspond qu'à des processus secondaires.

D'autre part nos constatations appuient la conception tirée d'autres faits suivant laquelle la micelle argileuse serait hétérogène et comporterait un noyau solide entouré d'une zone ayant la nature d'un gel colloïdal. On comprend ainsi que l'argile puisse manifester une structure cristalline, qu'elle varie dans sa composition chimique et qu'elle soit susceptible d'évoluer dans les sols sous l'influence des facteurs climatériques.

GÉOLOGIE. — *Sur la stratigraphie des formations récentes de la Chaîne annamitique septentrionale et sur l'existence de l'Homme dans le Quaternaire inférieur de cette partie de l'Indochine.* Note (³) de M. **Jacques Fromaget**, transmise par M. Charles Jacob.

La découverte dans le Nord de la Chaîne annamitique de quelques restes d'un hominien, probablement contemporain du *Sinanthropus* de Péking, m'incite à résumer mes observations sur les formations récentes de ces régions.

Le Tertiaire le plus ancien, du Miocène lacustre, affleure à M. Peun (Sam Neua), où il a été signalé par L. Dussault. Ce sont des poudingues torrentiels, suivis de grès sableux blancs et de marnes schisteuses noires ou

(¹) *Travaux de l'Institut Bokoutchaieff*, Leningrad, n° 8, 1933, p. 1-42.
(²) *Soil Science*, New Jersey, 31, 1931, p. 57-77.
(³) Séance du 12 octobre 1936.

brunes, très redressés, qui dépassent 1400m d'altitude et sont en relation avec les témoins d'une vieille pénéplaine conservée dans des crêtes culminant à 1500m d'altitude et un peu plus.

Au milieu de ce Miocène raviné s'étend une pénéplaine de 1100 à 1300m d'altitude, très nette dans la vallée de M. Peun, qui se suit dans les arêtes et replats bordant le Haut Song Ca jusqu'à la Chaîne annamitique, passant, au Nord, dans le bassin du Song Ma (Golfe du Tonkin), puis au Sud-Ouest et au Sud dans celui du Nam Khan et du Nam Ngum (Mékong), où elle forme notamment la partie principale du Plateau du Tran Ninh et de sa célèbre Plaine des Jarres. Cette vieille surface, que j'appellerai désormais *Pénéplaine du Tran Ninh*, m'a donné en divers points un grand nombre de renseignements concordants que je vais résumer en prenant comme coupe celle que j'ai relevée au pied Sud du P' Ou Loi dans le bassin supérieur du Song Ca, quitte à la compléter chaque fois qu'il sera nécessaire.

1° Les formations les plus anciennes sont des graviers jaunes, à galets assez bien roulés et recouverts d'une épaisse patine d'altération, qui garnissent, vers 1100m d'altitude, une énorme excavation creusée dans les calcaires dévoniens. J'ai retrouvé ces graviers à la même altitude, mais avec des galets s'écrasant sous la pression des doigts, à la base des formations récentes du Tran Ninh. Ils seraient contemporains du creusement qui s'est terminé par la pénéplaination de cette région.

2° Sur cette pénéplaine du Tran Ninh vient un loess jaune clair, très fin, plus argileux en dessus qu'en profondeur où il peut même devenir sableux, dans lequel j'ai recueilli quelques fragments gréseux : galets à peine roulés en général, revêtus d'une patine pulvérulente, jaune, et montrant des traces d'éclats formant pointes ou tranchants, mais sans évidence de taille intentionnelle. Cette formation, qui paraît s'être déposée durant tout le Pliocène, se retrouve : au Tran Ninh, au-dessus des graviers précédents; dans la plaine de M. Soui, à plus de 1150m d'altitude; au Sud du P'Ou Soung, à la limite des provinces de Luang Prabang et du Tran Ninh, vers 1200m; ainsi qu'à Ban Som dans la boucle du Mékong à l'Ouest de Luang Prabang, à plus de 600m. En passant, je signalerai que, non loin du littoral du Nord-Annam, une formation semblable affleure à Khé-Tong dans le Quang Binh vers 100m d'altitude (1), puis dans le Thanh Hoa vers la cote 40 et même un peu au-dessous (2).

---

(1) H. Mansuy et J. Fromaget, *Bull. Serv. géol. Indochine*, **13**, III, 1924, p. 62.

(2) M. Colani, *Bull. École française d'Extrême-Orient*, **30**, III-IV, 1930, p. 299-422.

C'est dans la seconde moitié de la période correspondant au dépôt du loess que se place la formation du bassin tertiaire de Ban Ban, situé également dans la Chaîne annamitique à un niveau qui ne paraît guère dépasser 800^{m} d'altitude, auquel correspond une pénéplaine de 650 à 900^{m}, très constante dans la Chaîne annamitique du Nord, le Tonkin occidental et le Haut-Laos.

A la base du lœss et au sommet de la formation suivante, j'ai recueilli à Tam Hang une faune de Mammifères, contenant, avec les éléments du Quaternaire le plus inférieur de Lang Son, du Kouang Si, de Trinil et de Chou Kou Tien, *un fragment de temporal paraissant appartenir à un hominien*, puis des os incisés et même taillés et quelques pierres à pointe ou tranchants, à peu près semblables à celles du loess.

J'ai retrouvé cette même faune avec une *deuxième molaire inférieure d'hominien* dans des graviers alternant avec un limon argilo-sableux et des lentilles de phosphate et formant une terrasse accidentelle à 1000^{m} d'altitude, à une douzaine de kilomètres au Nord de Tam Hang dans le bassin du Song Ma.

Les principaux éléments des faunes de cet horizon sont les suivants : Hominien, *Simia* cf. *satyrus* L.; *Macacus* cf. *robustus* Young; *Ursus* cf. *angustidens* Zd.; *Felis* aff. *F. tigris* L.; *F.* cf. *pardus* L.; *Hystrix* cf. *subcristata* Swin.; *Tapirus augustus* Matt. et Grang.; *Elephas* sp.; *Rhinoceros* cf. *plicidens* Kok.; *R.* cf. *sivalensis* Falc. et Cott.; *Bibos* cf. *geron* Mats.; *Pseudaxis* aff. *P. Grayi* Zd.; *Sus* cf. *Lyddekeri* Zd.

Les gisements de ces faunes montrent qu'elles sont contemporaines de la phase de creusement qui a raviné les derniers dépôts du lœss et précédé celui du limon rouge quaternaire. C'est, semble-t-il, aussi de cette époque que datent les graviers quartzeux souvent latéritisés du Tran Ninh.

3° Le lœss raviné supporte une épaisseur variable de limon argileux, rouge brique, avec rares traces charbonneuses, divisé par une multitude de plan de glissements, lisses et cannelés verticalement, qui indiquent des mouvements de ce dépôt. J'ai retrouvé ce limon en différents points du Tran Ninh, dans les régions les moins érodées (Plaine des Jarres, Muong Soui, Tam La, etc.). Au Tonkin, il semble raviner le Quaternaire inférieur de Lang Son. Cette formation représenterait la totalité du Quaternaire, elle aurait comme équivalent les latérites (le Bienhoa) qui couvrent de si grandes étendues en Indochine. Au Tran Ninh, elle serait séparée de la formation suivante par un gravier ou encore par un conglomérat torrentiel,

dont les blocs de quartz ainsi que ceux de grès qui ont servi à faire les jarres seraient les témoins.

4° Sur ce limon rouge, profondément raviné à son tour, vient un autre limon plus brun, de 2 à 3^m d'épaisseur; c'est le niveau archéologique principal du Préhistorique indochinois; il m'a donné dans ces régions une succession complète allant du Mésolithique le plus bas au Néolithique le plus élevé avec des restes humains.

MAGNÉTISME TERRESTRE. — *Observation d'un orage magnétique à Ambatoabo (Madagascar).* Note (1) de MM. **André Savornin** et **André Ranarivelo**, présentée par M. Charles Maurain.

Au cours d'une prospection magnétique à la balance verticale de Schmidt, comportant 86 stations, à laquelle nous avons procédé, du 26 juillet au 2 août 1936, à Ambatoabo, environ 60^{km} à l'ouest-nord-ouest de Fort-Dauphin, il nous a été donné de faire un certain nombre d'observations qui permettent de suivre le développement d'une perturbation magnétique temporaire très localisée.

Pendant les journées du 26 juillet au 1er août, les fermetures à la station repère étaient très régulières et dénotaient une amplitude de variation diurne d'environ 80^γ, avec maxima vers 7^h et 17^h, minimum vers 11^h et 13^h : ces résultats sont en concordance avec ceux observés à Betroka (à 300^{mk} au nord d'Ambatoabo) où la variation diurne fut suivie pendant 5 jours (amplitude 70^γ maximum vers 7^h, minimum vers 14^h30^m) (2).

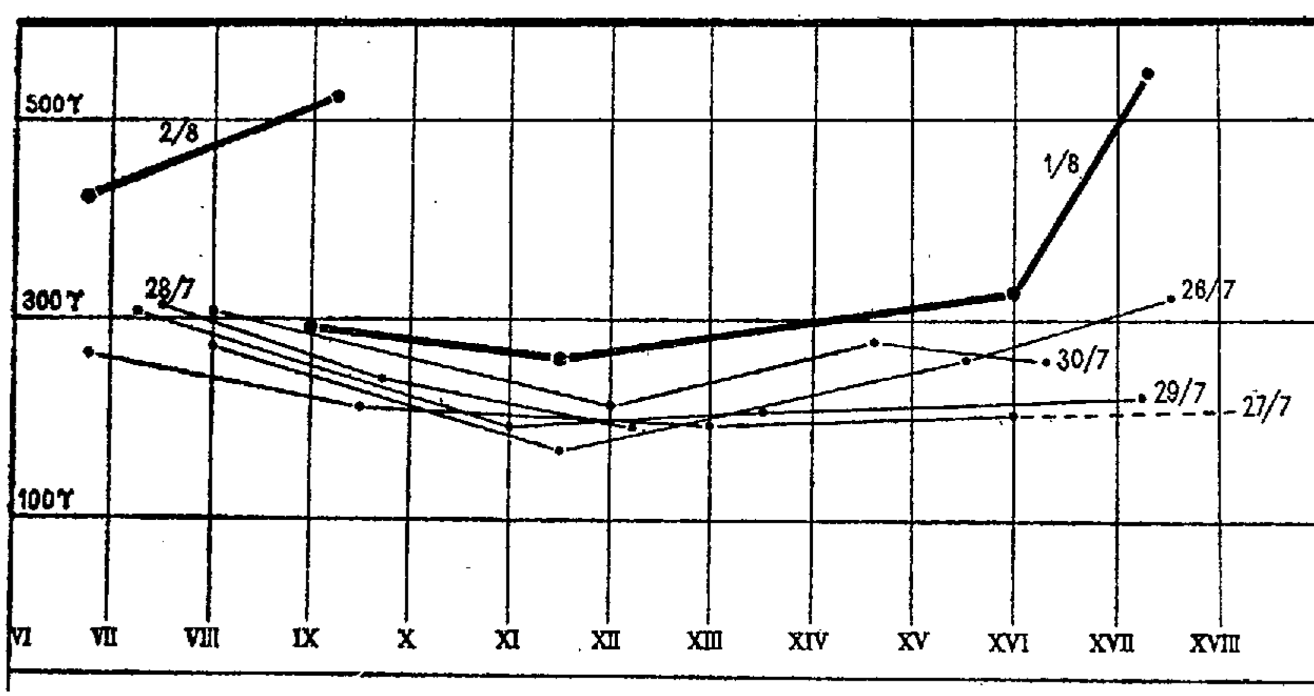
Or, brusquement, au cours de la journée du 1er août, les fermetures indiquèrent une marche anormale de la variation diurne. Partant à 9^h de $+280^\gamma$ (par rapport au zéro de l'échelle), ΔZ n'atteignait que $+260^\gamma$ à 11^h45^m (contre 200 : moyenne normale) et passait à $+325^\gamma$ à 16^h pour atteindre $+545^\gamma$ à 17^h15^m, soit 300^γ de plus que la valeur normale. Le 2 août, à 7^h, elle était encore $+420$ (contre 290 en moyenne) et $+520$ à 9^h15^m (soit 170^γ de plus que la moyenne). Les mesures, interrompues à ce moment, furent reprises deux jours après et redonnèrent des fermetures tombant à nouveau dans la normale. Les mesures ont été faites successi-

(1) Séance du 12 octobre 1936.

(2) André Savornin, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 858.

vement en chaque point, à 2 ou 3 minutes d'intervalle, par les deux opérateurs, ce qui ôte tout risque de faute grossière : les variations de température n'ont, par ailleurs, pas dépassé 5°.

Dans le détail, on peut suivre d'un façon encore plus précise la marche



Ambatoaba. — Lectures à la station repère entre les 26 juillet et 2 août 1936.

du phénomène, en comparant les valeurs normales obtenues aux stations entre le 26 juillet et le 1er août avec les valeurs anormales mesurées pendant le cours de ces variations, secondaires si l'on peut ainsi parler, s'échelonnant de o à + 350γ.

Il est curieux de noter que, pendant ce temps, la balance de Lloyd enregistreuse, installée à l'Observatoire d'Ambohidempona (Tananarive), n'a accusé que de faibles variations. Si l'on tient compte de ce que d'une part l'amplitude de la variation diurne est quatre à cinq fois plus forte à Ambatoabo qu'à Tananarive et que cette dernière ville est 1000km plus loin du pôle magnétique Sud, il n'y a rien d'impossible à admettre qu'un orage puisse être très sensible dans le Sud de la Colonie sans l'être à la Capitale.

Autre fait intéressant à noter : le temps, qui, du 26 juillet au 1er août, avait été très beau dans le Sud de la Colonie, comme c'est régulier en saison sèche, s'est soudain transformé en une période de pluie et de baisse barométrique, anormale pour la saison, qui a cessé 2 ou 3 jours après les observations décevantes qu'il nous a été donné de faire.

MAGNÉTISME TERRESTRE. — *Détermination de la direction de l'aimantation permanente des roches.* Note de M. **Émile Thellier**, présentée par M. Charles Maurain.

Les roches éruptives possèdent très souvent, en même temps que l'aimantation temporaire due au champ magnétique terrestre actuel, une aimantation permanente assez stable. Il est intéressant, pour différentes études, de déterminer cette aimantation à la fois en grandeur et en direction.

La mesure de la valeur de l'aimantation permanente est très simple; c'est une mesure de moment magnétique qui peut être faite sur un fragment quelconque de la roche avec un appareil d'induction. Pour déterminer la direction de l'aimantation, on matérialise sur la roche en place un plan horizontal sur lequel on marque ensuite une direction d'azimut connu. Le fragment de roche portant le plan est alors détaché et l'on pourra déterminer, au laboratoire, la direction du moment magnétique du fragment, donc retrouver quelles étaient sur le terrain la déclinaison et l'inclinaison de l'aimantation. R. Chevallier a longuement décrit (1) la méthode de prélèvement et de mesure qu'il a utilisée pour l'étude des laves de l'Etna. Je rappelle seulement que la surface plane horizontale est taillée directement sur la roche et que la direction, définie par les fonds de deux trous coniques creusés sur le plan, est déterminée avec un théodolite orienté, installé sur la roche.

Je propose une méthode de prélèvement qui simplifie beaucoup ces deux opérations en augmentant en même temps la précision. Au lieu de tailler la roche, on la couvre d'une masse de plâtre dont on façonne la partie supérieure en un plan horizontal. J'opère de la façon suivante : le fragment à détacher est dégagé au burin et sa rupture est préparée en recherchant les fêlures de la roche. Sur la roche ainsi préparée et encore en place est posé un cadre de bois (carré de 12^{cm} de côté et 5^{cm} de hauteur) garni intérieurement de feuilles de zinc pour faciliter le démoulage. Du plâtre est coulé dans ce moule qu'on emplit exactement, en maintenant avec un niveau sa surface supérieure bien horizontale. Au bout de dix

(1) R. Chevallier, *Annales de Physique*, 10e série, 4, 1925, p. 5.

minutes on peut démouler et préparer un autre échantillon. La détermination d'une direction, elle aussi, est très simplifiée. En un point distant de quelques centaines de mètres de l'endroit où sont préparés des fragments de roche, on installe un théodolite qu'on oriente par une visée sur le soleil. Puis, successivement sur la surface horizontale de chaque échantillon, on pose une règle à éclimètre (ou une alidade), on vise le théodolite et l'on trace la direction de la règle sur le plâtre. Il suffit alors, du théodolite, de viser la lunette de la règle à éclimètre pour connaître l'azimut théodolite-règle qui est celui de la direction tracée. Le bloc de roche coiffé de plâtre est ensuite détaché par quelques coups de burin.

Les avantages de cette méthode sont évidents : au lieu de tailler un plan horizontal sur une roche, on façonne ce plan sur du plâtre mou, opération beaucoup plus facile et qui donne une surface bien mieux définie. L'opération topographique est plus simple et le trait tracé sur le plâtre est aussi mieux défini. Enfin, le chapeau de plâtre étant coulé dans le moule à section carrée, cette masse de plâtre adhérente à la roche porte deux paires de plans perpendiculaires entre eux et perpendiculaires au plan horizontal; on a donc matérialisé trois plans rectangulaires qui permettent une mesure plus simple à l'appareil d'induction, soit qu'on opère par enlèvement (R. Chevallier), soit qu'on opère par retournement comme je fais avec l'appareil que j'ai décrit [1].

J'ai utilisé cette méthode pendant l'été 1936, pour prélever des échantillons de basaltes en quelques points de l'Auvergne : carrière Chocot et Macq à Saint-Sauves (Puy-de-Dôme), carrière de Murat au pied de la chapelle de Bredons, carrière au nord de Coren près de Saint-Flour. Le prélèvement d'un échantillon, fait sans l'aide d'ouvriers, ne demande pas plus d'une heure et cet échantillon ramené au laboratoire est prêt pour la mesure qui dure un quart d'heure environ. Le plâtre s'est montré très adhérent à la roche et tous les prélèvements entrepris ont été réussis.

Les aimantations des blocs prélevés sont maintenant étudiées et je donnerai les résultats dans une autre publication.

---

(1) *Comptes rendus*, **200**, 1935, p. 736.

BOTANIQUE AGRICOLE. — *Sur l'origine spécifique de la Pomme de terre.* Note de M. **Pierre Berthault**, présentée par M. Julien Costantin.

La détermination du type ancestral de la Pomme de terre cultivée, dont toutes les variétés sont groupées au sein de l'espèce *Solanum tuberosum* L., avait donné lieu au début de ce siècle à de nombreuses recherches. Pour divers savants [Heckel (1904), Planchon (1910) et Labergerie (1905-1909)] les variétés cultivées constituant le *Solanum tuberosum* L. dériveraient par mutations gemmaires brusques du *Solanum Commersonii* Dun. et du *Solanum Maglia* Schlech. Pour d'autres, au contraire [P. Berthault (1910-1911)], les variations de bourgeons ne devaient être prises en considération que pour expliquer la formation des variétés au sein des espèces, et c'est d'un type sauvage ayant les caractères floraux de nos variétés cultivées que descendraient celles-ci. Cette dernière thèse s'appuie notamment sur le fait que *toutes* les variétés de Pommes de terre existant actuellement, ou connues depuis que la plante est cultivée, présentent les mêmes caractères floraux, caractères que la culture n'a pas modifiés, et qui sont différents de ceux du *Solanum Commersonii* et du *Solanum Maglia*.

Dans ces conditions, le retour à l'état sauvage de la plante cultivée est susceptible de donner des indications sur son origine spécifique, car il pourrait faire réapparaître les caractères floraux ancestraux, spécialement ceux de *Solanum Commersonii* ou de *Solanum Maglia*, si la plante cultivée descend de l'une de ces espèces.

Or M. Costantin [1] a signalé l'an dernier que M. Bouget avait observé à Roquelaure des *Pommes de terre* se multipliant sans culture depuis 20 ans, et conservant, comme les plantes sauvages, grâce à la présence de mycorhizes, les tubercules sans pourriture dans le sol pendant tout l'hiver.

Il était intéressant de rechercher si ce retour à l'état sauvage de la plante cultivée avait modifié ses caractères floraux et avait fait réapparaître ceux soit du *Solanum Commersonii*, soit du *Solanum Maglia*.

Les échantillons qu'a bien voulu me communiquer M. Bouget montrent qu'il n'en est rien. La plante se reproduisant sans culture à Roquelaure, depuis 20 ans, reste un *Solanum tuberosum*, et son retour à l'état sauvage

---

(1) *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 1447.

n'a fait apparaître aucun des caractères floraux du *Solanum Commersonii* ou de *Solanum Maglia*.

Cette conclusion se confirme à l'examen des échantillons de nos grands herbiers, auquel nous venons de procéder à nouveau.

L'herbier du Muséum de Paris notamment possède un excellent échantillon de *Solanum tuberosum* de l'herbier de Vaillant, récolté au début du XVIIIe siècle, à une époque où la *Pomme de terre* n'était encore que rarement multipliée dans les cultures. Or l'échantillon est très comparable à la plante de Roquelaure, redevenue sauvage deux siècles après que Vaillant constituait son herbier, et elle est, au point de vue floral, tout à fait comparable à l'ensemble de nos variétés actuellement cultivées. La fixité du type est frappante. A l'herbier de Jussieu, à celui d'Adanson, à celui de Lamarck, on trouve également de très bons échantillons montrant qu'au cours du XVIIIe siècle les caractères floraux n'ont jamais varié, comme nous constatons qu'ils n'ont pas davantage été modifiés par la culture sur les milliers de variétés qui, au XIXe siècle et au XXe siècle, ont été créées par hybridations et sélections, et qui, toutes, ont des fleurs nettement dissemblables de celles des deux espèces *Solanum Commersonii* et *Solanum Maglia*.

La fixité spécifique du *Solanum tuberosum* se trouve ainsi bien établie. Mais existe-t-il, spontanées, des plantes ayant ces caractères?

L'examen des grands herbiers européens montre que l'on trouve des *Solanum tuberosum* vivant à l'état spontané en Amérique, et ayant les caractères floraux de nos variétés cultivées et de la plante de Roquelaure.

Nous avons indiqué, déjà en 1911 que l'herbier Drake de Castillo possédait un échantillon de *Solanum tuberosum* spontané [1].

Par ailleurs, à l'herbier de Kew, les deux échantillons récoltés en Colombie le 31 octobre 1916 par M. T. Dawe sous le nom de *Solanum tuberosum* Linnée, *forme Sylvestre potato*, qui sont à fleurs violacées mais à baies toutefois plus allongées que celles de nos Pommes de terre cultivées; l'échantillon péruvien récolté en 1892 par Peter Clarke of Ceylon, qui est à fleurs blanches; les échantillons plus anciens, récoltés au Pérou en 1867, nous montrent des plantes sauvages à caractères floraux qui sont bien ceux de nos plantes agricoles actuelles, et qui diffèrent nettement de ceux du *Solanum Maglia* et *Commersonii*.

Enfin, il est intéressant de noter que les espèces de *Solanum* sauvages, multipliées en Angleterre dans les Collections de M. Sutton n'ont pas pu s'y maintenir et y ont été détruites par les maladies.

Le retour à l'état sauvage de la Pomme de terre de Roquelaure d'une part, l'étude des plantes récoltées d'autre part, la difficulté enfin de main-

[1] *Thèse de Doctorat ès sciences*, Faculté des Sciences de Paris, 1911.

tenir en culture en Europe les *Solanum* tubérifères sauvages autres que le *Solanum tuberosum*, confirment ainsi mes conclusions de 1910 et de 1911, relatives à l'unité spécifique de l'ensemble des variétés cultivées de la *Pomme de terre*, toutes groupées logiquement au sein d'une seule et grande espèce : *Solanum tuberosum* L., et tendent à confirmer que les procédés culturaux ne permettent que la création de variétés au sein de l'espèce et non le passage d'une espèce à une autre espèce.

Remarques à l'occasion de la Communication précédente de M. PIERRE BERTHAULT, par M. **JULIEN COSTANTIN**.

J'indiquerai d'abord que cette Pomme de terre sauvage est une plante très vigoureuse, à tige dressée très forte et *ailée* de 60^{cm} à 70^{cm} de haut, à feuilles très larges d'un vert glauque; ses tubercules sont très gros, de forme très irrégulière, la peau est à fond blanchâtre ou jaunâtre très pâle avec un reflet un peu *rosé* par endroits, surtout autour des yeux très enfoncés, la chair est blanche et fine.

Une remarque intéressante a été faite à Roquelaure (Gers), par M. Robert Dauzère, cette année, qui a été caractérisée par une invasion très grave du mildiou (*Phytophthora infestans*). Tandis que partout dans la région et aussi à Bagnères-de-Bigorre (dans les Pyrénées) la maladie sévissait avec intensité, les pieds de la Pomme de terre sauvage qui se trouvaient dans la vigne où ils se multiplient spontanément depuis 20 ans, n'a présenté *aucune trace de Mildiou*; ce fait était très frappant en tenant compte de l'universalité et la gravité de l'épidémie.

M. Joseph Bouget m'a signalé trois stations nouvelles de Pomme de terre sauvage. La seconde station fut observée dans la *lande de Ger*, à la limite des Hautes et des Basses-Pyrénées; c'est au milieu d'un massif inextricable de ronces et d'orties qu'il a observé quelques pieds en fleurs en un point très éloigné de toute habitation. Ces plantes étaient certainement là depuis plusieurs années. Il n'a d'ailleurs pas pu pénétrer dans ce roncier.

Une troisième plante sauvage a été signalée à *Mausan*, canton de Rabastens, village limitrophe du Gers. C'était encore dans une vigne qu'existait cette plante se multipliant spontanément, d'après le témoignage du propriétaire du vignoble, depuis 1895 c'est-à-dire *depuis* 41 ans.

Enfin, à *Lacazères*, canton de Castelnau-Rivière-Basse, près du Gers une plante semblable et aussi curieuse a été signalée par le Directeur du Bureau

d'études pour les engrais à MM. Bouget, Dufrenoy et Gaye qui exploraient la région : c'est encore dans un vignoble que ce végétal a été signalé.

Cela fait *quatre stations* de types retournés à l'état sauvage peut-être distincts entre eux, dont trois d'entre elles signalées dans une vigne, une quatrième dans un roncier.

Il est à remarquer que les tubercules de Roquelaure ont été récemment *plantés et cultivés* dans certains champs des environs. Ces pieds ont été plus ou moins mildiousés; mais les taches de la maladie se sont arrêtées dans leur évolution. La culture paraît donc faire perdre l'immunité remarquable de la Pomme de terre sauvage vraisemblablement par disparition des mycorhizes.

BOTANIQUE. — *Sur la flore de quelques récifs anglo-normands.* Note de M. **Ad. Davy de Virville**, présentée par M. Marin Molliard.

Nous avons pu, avec l'aide de MM. Robinson et Mourant, ainsi qu'à la faveur d'une récente croisière du *Saint-Maudez*, à l'instigation de M. Gruvel, explorer la flore de divers récifs situés dans la Manche, près des îles anglo-normandes, et de plus en plus battus. A Burhou et aux Casquets, nous fûmes guidé par M. Ed. Fischer-Piette qui fit, de son côté, des observations similaires qu'il nous a aimablement communiquées.

Sur la Sambue, récif relativement abrité, à 3/4 de mille au sud de Jersey, les pointes granitiques culminantes, recouvertes de déjections d'oiseaux de mer, sont uniquement peuplées de *Ramalina scopulorum*. Puis viennent les zones de végétation habituelles : les *Fucus serratus* et *Rhodymenia palmata* sont particulièrement abondants sur les blocs. Les flaques supérieures sont battues avec *Lithophyllum*, Corallines et Entéromorphes sur coquilles de Patelles. Les flaques moyennes sont remplies de *Cystoseira fibrosa*, espèce très caractéristique de ces îles; et les flaques inférieures de quelques Himanthalies et surtout de Laminaires. Sur les seuils de graviers poussent : *Chorda Filum*, *Zostera marina*, *Polyides rotundus*, etc.

Les Pater Noster, à 2 milles et demi au nord de Jersey, sont déjà beaucoup plus battus. Leurs pointes granitiques qui servent de reposoir aux oiseaux de mer, sont dénudées et on n'y voit guère que des *Ramalina scopulorum*. Les zones de végétation sont les mêmes qu'à la Sambue. Toutefois *Rivularia bullata* y est bien développé et *Bifurcaria tuberculata* y forme parfois bordure, tandis qu'*Himanthalia lorea* est rare et localisée

dans les flaques. Sur les rochers, la flore est pauvre, surtout aux niveaux supérieurs : *Leathesia* et *Celpomenia*, puis *Nemalion helminthoides*. Elle s'enrichit aux niveaux inférieurs : *Desmarestia aculeata* et *ligulata*, *Halurus equisetifolius*, *Callithamnion corymbosum*, *Gasterocloniumovale*, *Dilsea edulis*, *Calliblepharis jubata*, *Spondylothamnium multifidum*, *Plumaria elegans*. La flore des flaques est la même qu'à la Sambue. Soulignons toutefois la présence d'une algue méditerranéenne, rarement trouvée en dragages, par R. Lami, à Saint-Malo : *Dilophus fasciola*.

Burhou est situé à 1 mille et demi d'Aurigny, dont il est séparé par le passage du Singe parcouru de courants très violents. Cette petite île, formée de grès pourprés cambriens, est couverte d'un terreau noir, miné par les lapins et uniquement peuplé sur un grand espace, de *Spergularia marina* sur l'île principale et de *Silene maritima* sur un îlot secondaire. De plus on y voit quelques *Pteris aquilina*, et sur les rochers : *Umbilicus pendulinus*, *Beta maritima*, *Crithmum maritimum*, *Glaux maritima*; sur le sol : *Erodium maritimum*, *Cochlearia danica* et, de plus, introduit par l'homme : *Stellaria media*, *Anagallis arvensis*, *Crepis virens*, *Sonchus asper*, *Lycopsis arvensis*, *Urtica urens* et *dioica*, *Solanum nigrum*, *Myosotis* sp., un *Trifolium*, deux Graminées en feuilles et une Mousse : *Bryum capillare*. Il faut y ajouter, d'après Marquand : *Cerastium tetrandrum*, *Atriplex deltoides*, *Rumex crispus*, *Endymion nutans*, *Scirpus maritimus* et *Polystichum Filix-Mas*. Les lichens sont nombreux : *Parmelia caperata*, *Anaptychia fusca*, *Diploicia canescens*, *Ramalina scopulorum* et *phycopsis* et surtout *Xanthoria parietina* et *Caloplaca marina* particulièrement abondants sur toutes les pointes. Sur les rochers les plus battus, *Lichina pygmœa* est réfugié dans les fentes; *Pelvetia canaliculata*, *Fucus platycarpus*, *vesiculosus* et *serratus* n'existent qu'aux points abrités; *Bifurcaria tuberculata* et *Himanthalia lorea* forment des ceintures de végétation ainsi qu'*Alaria esculenta* (qui n'existe pas sur les récifs précédents), les Laminaires et les Saccorhizes. La flore est très battue : touffes éparses de *Porphyra*, Corallines en coussinets, *Cylindrocarpus Berkeleyi*, *Nemalion helminthoides*, *Gigartina mamillosa* abondante (comme à Aurigny et sur les côtes de la Hague), *Falkenbergia Hildebrandtii*; et dans les fentes obscures : *Lithothamnium Borneti*, etc.

Les Casquets, à 5 milles et demi à l'ouest-nord-ouest d'Aurigny, sont également formés d'une arête de grès pourpré cambrien et couronné d'un phare dont les gardiens ont introduit quelques plantes : Souci, Capucine, Pomme de Terre, Géranium localisés au Sud, à l'abri des bâtiments. De plus : *Lavatera arborea*, *Spergularia marina*, *Eryngium maritimum*, *Daucus*

maritima, *Armeria maritima*, *Sonchus oleraceus*, *Anagallis arvensis*, *Beta maritima*, *Rumex conglomeratus*, *Obione portulacoides*, *Plantago Coronopus* et *major*. Au Sud, les diverses zones de Lichens sont bien représentées. Il y a même quelques touffes de *Pelvetia* et de *Fucus vesiculosus* dressés; puis des *Nemalion*, des *Himanthalia*, enfin une belle zone d'*Alaria* mêlée à de petites *Laminaria saccharina*. M. Fischer nous a confirmé qu'ici les *Bifurcaria* faisaient presque défaut. La flore d'algues sur les rochers battus, rappelle celle de Burhou, au Sud : mais au Nord, sur les parois rocheuses, inclinées et balayées par les courants, on ne voit plus, en haut que des *Laurencia pinnatifida*, puis des *Gigartina mamillosa* épars : et, après un grand intervalle nu, des Corallines rouge foncé appliquées contre la roche et mêlées, vers le bas, à des *Plocamium coccineum* de plus en plus nombreux.

En résumé, la flore marine de ces récifs, comme celle du littoral du Cotentin, est différente suivant que la mer s'approfondit lentement (la Sambue, les Pater Noster), ou brusquement (Burhou, les Casquets) dans leur voisinage, ainsi que l'ont déjà remarqué ailleurs Fischer, puis Chemin.

PARASITOLOGIE. — *Réceptivité de divers oiseaux domestiques et sauvages au parasite* (Plasmodium gallinaceum) *du paludisme de la Poule domestique. Transmission de cet hématozoaire par le moustique* Stegomyia fasciata. Note de M. **Émile Brumpt**, présentée par M. Louis Lapicque.

Décrivant deux nouveaux agents du paludisme aviaire, *Plasmodium gallinaceum* et *P. paddæ* [1], j'ai rappelé les belles découvertes dont avait bénéficié la thérapeutique du paludisme humain, découvertes résultant de nombreuses expériences faites sur des oiseaux infectés expérimentalement par divers hématozoaires.

Les études de chimiothérapie pourront désormais faire des progrès plus rapides encore et à moins de frais en utilisant le *Plasmodium gallinaceum*, que j'ai isolé et dont j'ai réussi à obtenir des passages en nombre illimité. L'origine de cette souche mérite une courte mention. C'est en consultant un périodique d'analyses que j'avais appris par une notice de deux lignes, l'existence de l'infection de certaines poules importées d'Angleterre à Ceylan. Cette brève information me détermina à m'arrêter quelques jours dans cette merveilleuse île au retour de la mission dont j'avais été chargé

[1] *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 783 et 967.

en Extrême-Orient, en 1935. Grâce au Dr Crawford et au Dr Burt, j'ai pu me procurer quelques poules provenant de deux élevages où l'infection avait été observée et les ramener en France, non sans avoir eu à surmonter un bon nombre de difficultés. Les poules d'un seul des deux élevages présentaient une infection chronique et c'est en partant d'un de ces oiseaux que j'ai pu obtenir jusqu'à ce jour 23 passages.

Les poules de toutes les races étudiées sont sensibles à l'infection qui reste chronique chez celles qui survivent. Parmi les oiseaux domestiques et sauvages que j'ai réussi à me procurer, l'oie, le faisan, la perdrix et le paon se sont montrés réceptifs, par contre les oiseaux suivants ont été réfractaires en dépit de fortes doses de virus inoculées : canard, pintade, pigeon, tourterelle, caille, buse, canari, moineau vulgaire, calfat, pinson.

La symptomatologie de l'infection chez la Poule est à peu près nulle, sauf au cours des 2 jours qui précèdent la mort quand celle-ci survient. Après une incubation de 5 à 10 jours chez les animaux inoculés dans le péritoine, on observe un accès parasitaire d'une durée de 7 à 27 jours. Malgré le nombre immense des parasites qui s'observent parfois dans 80 ou 90 pour 100 des hématies, il n'y a pas d'accès thermique, fait que j'ai déjà signalé dans les infections des poules par *Ægyptianella pullorum*. Cette apyrexie est intéressante à constater chez les oiseaux qui présentent cependant une élévation de température de plusieurs degrés au cours de la spirochétose à *Spirochæta gallinarum*. La mortalité est grande chez les jeunes animaux âgés de quelques jours ou de quelques semaines; la résistance augmente avec l'âge. Les rechutes spontanées sont très rares malgré la persistance de parasites et l'état de prémunition semble très solide. J'ai provoqué deux rechutes après splénectomie; l'adrénaline ne semble pas avoir d'action réactivante comme je l'ai observé dans le cas du paludisme spontané de la perdrix grise dû probablement à un parasite voisin sinon identique au *Plasmodium relictum*.

Les recherches pour découvrir les moustiques vecteurs du *P. gallinaceum* ont été négatives avec le *Culex fatigans*, mais positives avec le cosmopolite *Stegomyia fasciata*, vecteur de la fièvre jaune et de la dengue. En utilisant ce dernier moustique, j'ai obtenu l'évolution du *Plasmodium gallinaceum* dans 100 pour 100 des cas, sur 25 exemplaires disséqués. Les oocystes mûrs remplis de sporozoïtes, mesurent de 45^{μ} à 80^{μ} dans leur plus grand axe quand ils sont ovoïdes au lieu d'être sphériques. Dans un cas, un moustique sacrifié le huitième jour, montrait plus de 1650 oocystes sur la paroi de l'estomac, chiffre qui, à ma connaissance n'a jamais été observé.

Dès le douzième jour, à 22°-27°C., les stégomyies donnent l'infection à coup sûr à des poulets placés dans leur cage. L'infection constante des moustiques est intéressante à enregistrer, car, jusqu'à ce jour, les stégomyies, malgré la facilité de leur élevage, ont été peu utilisées pour l'étude de l'évolution des plasmodies des oiseaux, par suite de leur faible efficacité parasitaire.

J'ai voulu savoir comment il se faisait que le paludisme de la Poule soit si strictement limité à quelques régions d'Extrême-Orient, alors que la Poule est un animal répandu partout et que les moustiques (*Stegomyia fasciata*) dont je viens d'établir le rôle se rencontrent dans toutes les régions chaudes et tempérées du globe.

Le parasitisme, si localisé, de la Poule par ce *Plasmodium* et la réceptivité de certains oiseaux, comme le paon, qui existent à l'état sauvage en Extrême-Orient ou qui sont représentés par des variétés ou des espèces voisines comme le Faisan, l'Oie, la Perdrix, permet de supposer que ces animaux sont peut-être les hôtes primitifs du *Plasmodium gallinaceum*.

Les faits expérimentaux, relatés ci-dessus me permettent une observation d'ordre épidémiologique et une observation biologique concernant la spécificité parasitaire. Du point de vue épidémiologique, la réceptivité d'oiseaux représentés dans la faune d'Extrême-Orient me permet d'admettre que la Poule n'est qu'un hôte accidentel d'un *Plasmodium* d'oiseau sauvage à distribution géographique limitée. Si ce parasite n'a pas été disséminé partout où il existe des *Stegomyia fasciata*, c'est que les poules domestiques de Ceylan, de Sumatra et de l'Annam, pays où le *Plasmodium gallinaceum* a été signalé, sont consommées localement et ne sont pas exportées.

Du point de vue de la spécificité parasitaire, la réceptivité de certains oiseaux illustre le caractère accidentel et inopiné de l'adaptation des parasites à leurs hôtes. En effet, nous avons vu des oiseaux, très éloignés zoologiquement de la Poule, être réceptifs et d'autres, très voisins, être réfractaires. On a en particulier quelque étonnement à constater que l'Oie contracte une infection qui peut être mortelle, alors que le Canard présente une immunité naturelle totale.

A 15h25m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 15h45m.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 26 OCTOBRE 1936.

PRÉSIDENCE DE M. JEAN PERRIN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie qu'à l'occasion de la fête de la Toussaint, la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mardi 3 novembre au lieu du lundi 2.

M. **Émile Picard**, en déposant sur le Bureau de l'Académie un volume intitulé *Discours et Notices*, s'exprime comme il suit :

Le présent Volume fait suite aux trois livres que j'ai publiés en 1922, 1924 et 1931, sous les titres : *Discours et mélanges*, *Mélanges de Mathématiques et de Physique* et *Éloges et Discours académiques*. Il contient des discours, articles et notices se rapportant à des sujets assez variés. Outre des notices consacrées à quelques savants et à des sujets proprement scientifiques, on y trouvera des discours prononcés en diverses circonstances, à l'École centrale des Arts et Manufactures, à l'inauguration de quelques monuments, au Conseil international de Recherches à Bruxelles. D'autres études sont consacrées à la propriété scientifique, à la culture générale du jeune Français, à l'enseignement des jeunes filles. On trouvera encore dans ce volume une Préface écrite pour une nouvelle édition du *Discours de la Méthode* de Descartes, et une étude sur quelques savants à l'Académie française écrite à l'occasion du troisième Centenaire de cette Académie. Des allocutions prononcées aux Jubilés scientifiques d'Édouard Goursat et de Marcel Brillouin terminent l'ouvrage.

Dans toute étude de quelque étendue se rapportant à la Mécanique et à

la Physique, il est impossible aujourd'hui de ne pas dire quelques mots de la crise que traverse aujourd'hui la Physique. On trouvera donc çà et là dans les discours et notices ici rassemblés des remarques sur des questions préoccupant aujourd'hui ceux qui s'intéressent à la philosophie des sciences. Cette crise de la science pure est la crise de la connaissance scientifique et des théories physiques. On n'a plus aujourd'hui la prétention de saisir la réalité dans une théorie physique, où l'on voit surtout un moule, analytique ou géométrique, utile et fécond pour une représentation provisoire des phénomènes. Il y a une trentaine d'années, la théorie de la relativité est venue jeter quelque trouble dans la mécanique usuelle; une de ses conséquences les plus importantes a été que la masse varie avec la vitesse et qu'il y a une relation très simple entre la variation de la masse et celle de l'énergie, la variation de la masse restant d'ailleurs le plus souvent très petite, même quand il y a une variation d'énergie considérable, à cause de l'énorme grandeur de la vitesse de la lumière. Une autre théorie se rattachant à certaine discontinuité dans les phénomènes naturels, la théorie des quanta, est venue ensuite porter un trouble plus profond encore dans la physique classique. D'après elle, dans les phénomènes périodiques, le quotient de l'énergie par la fréquence varie par bonds, étant toujours multiple d'une constante universelle très petite qu'on appelle la *constante de Planck*. On en a tiré diverses conséquences de grande importance. La critique des instruments employés pour mesurer les phénomènes montre comment ces mesures peuvent les troubler, la précision étant nécessairement limitée et dépendant de la constante de Planck. Notre science ne présente donc pas une complète objectivité; elle dépend des mesures et de l'observateur qui doit compter parmi les instruments. La constante de Planck étant extrêmement petite, ces conclusions n'ont en fait pas d'importance pour les phénomènes usuels; elles n'en ont pas moins un grand intérêt philosophique, et elles ont soulevé de nombreuses questions relatives au déterminisme et au principe de causalité, sur lesquelles on discutera longtemps encore. Il y a là une crise incontestable de notre conception du monde prise dans son sens le plus étendu.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE APPLIQUÉE. — *Extension du principe de la loi-limite en analyse dimensionnelle.* Note de M. **Robert Esnault-Pelterie.**

J'ai autrefois indiqué ce principe (¹) sous une forme qui doit être élargie.

Considérons un phénomène dans lequel interviennent n paramètres indépendants $p_1, p_2, \ldots, p_n$, mesurés dans un système de grandeurs fondamentales en nombre $j < n$; son équation représentative sera

$$f(p_1, p_2, \ldots, p_n) = 0. \tag{1}$$

Le théorème de Vaschy permet de la réduire à la forme

$$\varphi(\varpi_1, \varpi_2, \ldots) = 0, \tag{2}$$

les ϖ étant des fonctions monomes des p, indépendantes et sans dimensions, généralement en nombre $n - j$; il permet en outre de déterminer des séries de ces ϖ.

La diminution de j, du nombre des variables, est souvent précieuse au physicien, mais parfois encore insuffisante à satisfaire ses desiderata et surtout ceux de l'ingénieur qui souhaite toujours pouvoir tracer une courbe ou, au moins, un abaque.

Principe de la loi-limite. — Quand nos possibilités analytiques sont impuissantes à fournir la représentation exacte d'un phénomène, ce principe peut éventuellement suggérer, au voisinage d'une loi-limite connue, une forme pour φ et, quand cela est possible, il apporte généralement, en même temps, une nouvelle réduction du nombre des variables; il s'applique de la manière suivante :

L'équation (2) étant résolue par rapport à l'un des ϖ, particularisé sous le symbole Π, s'écrira

$$\Pi = F(\varpi_1, \varpi_2, \ldots, \varpi_{n-j-1}). \tag{3}$$

a. Supposons que le phénomène étudié soit tel que la fonction F tende vers une constante numérique k quand un ou plusieurs des p tendent, même séparément, vers zéro; pour caractériser ces p, je les noterai $\bar{p}$.

(¹) *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1968.

La relation

$$\Pi = k \tag{4}$$

peut être appelée loi-limite par rapport aux $\overline{p}$.

b. Écrivons

$$\Pi = k[1 + \overline{\pi}.\Phi(\varpi_1, \varpi_2, \ldots, \varpi_{n-j-1})], \tag{5}$$

$\overline{\pi}$ étant une fonction des ϖ qui, dans un certain domaine, où l'on présume que la loi réelle suit d'assez près la loi-limite, doit tendre vers zéro avec chacun des $\overline{p}$ individuellement, Φ ne croissant jamais, dans ce domaine, au delà de toute limite et n'y devenant jamais nul, ou le devenant seulement dans le ou les cas où $\overline{\pi}$ le devient lui-même [1]; le problème se ramène ainsi à choisir les fonctions $\overline{\pi}$ et Φ de telle manière que la loi empirique (5) représente le mieux possible la loi réelle (3) dans le domaine considéré.

L'intérêt de cette écriture réside dans le fait que l'expérience montre parfois la possibilité de choisir pour $\overline{\pi}$ une fonction très simple d'un produit de puissances des ϖ, cependant que Φ se réduit pratiquement à une constante; Π se trouve alors exprimé en fonction d'une seule variable, ce qui peut être précieux.

Pour voir si un tel cas favorable se produit, on peut appliquer les règles pratiques suivantes :

Règle I. — La loi-limite étant connue, donc Π particularisé, $(n-j-1)$ autres produits de puissances des p seront choisis de telle manière que chacun d'eux soit seul à contenir un des p parmi lesquels devront se trouver tous les $\overline{p}$.

La règle qui suit permettra d'obtenir immédiatement une telle série de ϖ, puis d'essayer différentes fonctions $\overline{\pi}$ et de vérifier le degré d'approximation obtenu.

Règle II. — On écrit l'un au-dessous de l'autre j des paramètres physiques qu'on sait devoir intervenir dans la loi-limite, en faisant suivre leur symbole de leur équation dimensionnelle, puis de leur exposant inconnu; au-dessous on continue par les $(n-j-1)$ paramètres qui figureront dans F et Φ, enfin on écrit de même, avec l'exposant 1, le paramètre physique dont on désire obtenir l'expression en fonction des autres.

Une lecture des colonnes verticales des exposants des équations dimensionnelles fournit immédiatement un système d'équations qui, s'il admet

---

(1) Cette définition est moins restrictive que celle que j'avais donnée (*loc. cit.*).

une solution par rapport aux exposants des j premiers paramètres, donne ces exposants en fonction de ceux des $(n-j-1)$ paramètres suivants.

Une nouvelle lecture par colonnes verticales donne les $(n-j-1)$ variables de F.

On peut alors faire une première tentative en supposant que $\bar{\pi}$ est simplement un produit de puissances des ϖ; la valeur de k étant fournie par la loi-limite connue, une série de mesures donnera un nombre d'équations suffisant à déterminer les exposants des variables du monome $\bar{\pi}$ et une valeur moyenne de Φ. Quelques mesures supplémentaires indiqueront le degré d'approximation obtenu; s'il n'est pas satisfaisant, on pourra chercher d'autres formes pour $\bar{\pi}$.

Pour illustrer cette énonciation, je prendrai comme exemple l'écoulement d'un fluide incompressible à travers un orifice; nous supposerons que le physicien désire exprimer le débit-masse en fonction des autres paramètres.

S'il s'agit de l'écoulement d'un liquide peu visqueux, la loi-limite sera celle de l'écoulement d'un liquide parfait

$$D_m = \sigma\sqrt{2\Delta p \rho}, \tag{6}$$

σ étant la section de l'orifice, Δp la chute de pression à travers cet orifice et ρ la masse spécifique du liquide en mouvement.

L'écriture indiquée se présentera donc comme il suit :

Paramètres agissants.	Symboles.		Dimensions.	Exposants.
Section de l'orifice....................	σ	=	L^2	x
Chute de pression à travers cette orifice.	Δp	=	$L^{-1}MT^{-2}$	y
Masse spécifique du liquide...........	ρ	=	$L^{-3}M$	z
Viscosité du liquide....................	μ	=	$L^{-1}MT^{-1}$	s
Coefficient de forme de l'orifice ([1]).....	q	=	L^{-1}	t
Longueur de l'orifice..................	l	=	L	u
Rugosité de la surface de l'orifice......	η	=	$L^0M^0T^0$	–
Grandeur caractéristique : débit-masse.	D_m	=	L^0MT^{-1}	–

La simple lecture des colonnes verticales d'exposants donne immédiatement le système linéaire

$$\text{(I)} \qquad \left\{\begin{aligned} 2x - y - 3z - s - t + u &= 0, \\ y + z + s &= 1, \\ 2y + s &= 1, \end{aligned}\right.$$

([1]) Le coefficient de forme q est ici le quotient du périmètre de l'orifice par sa section.

qui entraîne

$$(\text{II}) \qquad \begin{cases} x = 1 - \frac{s}{2} + \frac{t}{2} - \frac{u}{2}, \\ y = z = \frac{1}{2} - \frac{s}{2}. \end{cases}$$

Remplaçant x, y et z par ces valeurs dans la troisième colonne du premier tableau, une simple lecture de cette nouvelle colonne, confrontée avec la première, mène, sans qu'il soit besoin d'un plus ample exposé, à la forme

$$(7) \qquad D_m = \sigma\sqrt{\Delta p \rho}.F\left[\frac{\mu}{\sqrt{\sigma \Delta p \rho}}, q\sqrt{\sigma}, \frac{l}{\sqrt{\sigma}}, n\right];$$

dans le cas présent, la loi réelle tendra généralement vers la loi-limite (6) de l'écoulement sans viscosité quand μ tendra seul vers zéro, donc quand ϖ_1 tendra vers zéro.

Remarque I. — Quand la loi-limite (4) contient seulement un nombre de p inférieur ou égal à $(j+1)$, le procédé indiqué peut la faire directement ressortir; quand cela ne se produit pas, ou quand la loi-limite contient plus de $(j+1)$ des p, cette loi-limite n'apparaît qu'après multiplication de Π par des puissances de certains ϖ.

L'exemple ci-dessus rentre dans le premier cas, mais si l'on avait voulu, par exemple, appliquer la règle à la loi d'écoulement d'un liquide très visqueux (en intervertissant ρ et μ dans le tableau ci-dessus), on aurait obtenu

$$(8) \qquad \Pi = \frac{D_m}{\mu\sqrt{\sigma}} = k,$$

qui ne suggère en rien la loi de Poiseuille; pour obtenir celle-ci

$$(9) \qquad \frac{\mu\, l\, D_m}{\rho\sigma^2 \Delta p} = \frac{1}{8\pi} = k,$$

il suffit de multiplier Π de (8) par ϖ_1^2 et ϖ_3.

Remarque II. — Dans le cas où la loi réelle tend vers la loi-limite seulement quand un nombre $m < (n - j - 1)$ des p tendent *simultanément* vers zéro, le principe peut encore s'appliquer éventuellement, $\overline{\pi}$ prenant, par exemple, la forme d'une somme de termes dont chacun est seul à contenir l'un des $\overline{p}$; Π est alors fonction, non plus d'une seule variable, mais de m. Si m demeure assez petit, cette représentation peut encore offrir un intérêt.

Remarque III. — Si la loi réelle tend vers la loi-limite quand l'un des ϖ tend vers une limite λ différente de zéro, tout ce qui vient d'être dit peut subsister, à condition de remplacer ce ϖ par $\varpi - \lambda$ (ou par $\lambda - \varpi$).

NOMINATIONS.

MM. **R. Bourgeois** et **M. d'Ocagne** sont désignés pour représenter l'Académie à la cérémonie de la remise à l'*Institut Napoléon*, par la République Tchécoslovaque, d'une urne de cristal contenant de la *terre d'Austerlitz*.

COMMISSIONS.

Par la majorité absolue des suffrages, MM. **L. Bouvier**, **P. Dangeard**, **F. Mesnil**, **M. Molliard**, **M. Caullery**, **E. Schribaux**, **A. Guilliermond** sont désignés pour former, avec le Bureau de l'Académie, la Commission du prix *Le Conte*.

ÉLECTIONS.

Par l'unanimité des suffrages, M. **A. d'Arsonval** est réélu membre de la *Commission permanente des Stations hydrominérales, climatiques et uvales*.

CORRESPONDANCE.

M. **Charles Poisson** adresse l'expression de ses sentiments de condoléances à l'occasion de la mort de *J.-B. Charcot*.

Le **Président** et le **Conseil de la Royal Society of London** offrent l'hospitalité aux délégués que désignera l'Académie à l'Assemblée générale du *Conseil international des Unions scientifiques*, qui se tiendra à Londres du 26 avril au 4 mai 1937.

M. **François Maignon** prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la place vacante dans la Section d'Économie rurale par le décès de M. *Pierre Viala*.

ALGÈBRE. — *Sur un théorème de Laguerre.*
Note ([1]) de M. **Nikola Obrechkoff.**

E. Laguerre ([2]) a démontré, par le théorème de Descartes, la proposition suivante : *Soit* $P(x)$ *un polynome dont les zéros sont réels*, $P(0) \neq 0$, *et soit*

$$\frac{1}{P(x)} = c_0 + c_1 x + c_2 x^2 + \ldots;$$

le polynome $c_0 + c_1 x + \ldots + c_n x^n$ *a au plus un zéro réel.* Dans cette Note nous donnons des théorèmes pour des fonctions plus générales.

I. *Soient* $\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_m$ *des nombres positifs rangés par ordre de grandeur croissante;* $\nu_1, \nu_2, \ldots, \nu_m$ *des nombres réels arbitraires, tels que*

$$\nu_1 + \nu_2 + \ldots + \nu_m > 0, \qquad \nu_s < 1 \qquad (s = 1, 2, \ldots, m),$$

et que les nombres $[\nu_1 + \nu_2 + \ldots + \nu_s]$, $1 \leq s \leq m$, *soient en même temps pairs ou impairs. On introduit* $[\nu_1 + \nu_2 + \ldots + \nu_s]$ *pour les cas où* $\nu_1 + \nu_2 + \ldots + \nu_s$ *n'est pas entier. Posons*

$$(1) \qquad f(x) = \frac{1}{\left(1 - \frac{x}{\alpha_1}\right)^{\nu_1} \left(1 - \frac{x}{\alpha_2}\right)^{\nu_2} \cdots \left(1 - \frac{x}{\alpha_m}\right)^{\nu_m}} = c_0 + c_1 x + c_2 x^2 + \ldots.$$

Le polynome

$$P_n(x) = c_0 + c_1 x + \ldots + c_n x^n$$

a au plus un zéro réel.

Par la formule de Cauchy, on obtient

$$P_{n-1}(x) = \frac{1}{2\pi i} \int_C \frac{f(z)}{z^n} \frac{z^n - x^n}{z - x} \, dz,$$

où C est un contour simple entourant l'origine et ne contenant pas les points α_s. En transformant le chemin d'intégration dans le lacet $\alpha_1 \ldots + \infty$,

---

([1]) Séance du 19 octobre 1936.

([2]) *Œuvres*, 1, Paris, 1898, p. 108-118.

on déduit facilement la formule

$$(2)\quad \begin{cases} \pi e^{i\eta} \mathrm{P}_{n-1}(x) = \displaystyle\sum_{s=1}^{m} \sin[(\nu_1 + \ldots + \nu_s)\pi] \int_{\alpha_s}^{\alpha_{s+1}} g(z) \,|\, f(z) \,|\, dz, \\ \alpha_{m+1} = \infty, \qquad g(z) = \dfrac{z^n - x^n}{z^m(z-x)}, \qquad \eta = \text{const.} \end{cases}$$

Pour n impair, x réel, on a $g(z) > 0$, pour $z > 0$ et, parce que tous les nombres $\sin[(\nu_1 + \ldots + \nu_s)\pi]$ sont de même signe ou nuls, on conclut de (2) que $\mathrm{P}_{n-1}(x) \neq 0$ et le théorème est démontré dans ce cas. Pour n pair, nous considérons le polynome

$$(3)\quad \begin{cases} \pi e^{i\eta} \mathrm{P}'_{n-1}(x) = \displaystyle\sum_{s=1}^{m} \sin[(\nu_1 + \ldots + \nu_s)\pi] \int_{\alpha_s}^{\alpha_{s+1}} g_1(z) \,|\, f(z) \,|\, dz, \\ g_1(z) = \dfrac{d}{dx}\left[\dfrac{z^n - x^n}{z^n(z-x)}\right]. \end{cases}$$

Puisque $g_1(z) > 0$, on obtient de (3) que $\mathrm{P}'_{n-1}(x) \neq 0$ pour x réel. Donc $\mathrm{P}_{n-1}(x)$ a un zéro réel.

II. *Dans les mêmes conditions que pour le théorème I, on a le résultat suivant : la fonction* $\mathrm{R}_n(z) = f(z) - \mathrm{P}_{n-1}(z)$ *est différente de zéro dans tout le plan coupé par la coupure* $\alpha_1 \ldots + \infty$, $z \neq 0$.

Pour $\mathrm{R}_n(x)$ on obtient, de la même manière, la formule

$$(4)\quad x^{-n} \pi e^{i\eta} \mathrm{R}_n(x) = \sum_{s=1}^{m} \sin[(\nu_1 + \ldots + \nu_s)\pi] \int_{\alpha_s}^{\alpha_{s+1}} \varphi(z) \,|\, f(z) \,|\, dz,$$

où l'on a

$$\varphi(z) = \frac{1}{z^n(z-x)}.$$

Si x est réel, $x < \alpha_1$ on a $\varphi(z) > 0$ et, d'après (4), le théorème est évident. Si $x = \mu + i\nu$, $\nu \neq 0$, on a

$$\mathcal{I}[x^{-n} \pi e^{i\eta} \mathrm{R}_n(x)] = \sum_{s=1}^{m} \sin[(\nu_1 + \ldots + \nu_s)\pi] \int_{\alpha_s}^{\alpha_{s+1}} \frac{\nu}{(z-\mu)^2 + \nu^2} \frac{|\, f(z) \,|\, dz}{z^n}.$$

Donc on a $\mathrm{R}_n(x) \neq 0$.

Du théorème I, on déduit la proposition : soit $\mathrm{P}(x)$ un polynome de degré m dont les zéros sont réels, simples et positifs. Soit ω un nombre

réel, $0 < \omega < 1/m$, et posons

$$\frac{1}{[P(x)]^{\omega}} = c_0 + c_1 x + c_2 x^2 + \ldots.$$

Le polynome $c_0 + c_1 x + c_2 x^2 + \ldots + c_n x^n$ a au plus un zéro réel. La démonstration algébrique de Laguerre ne s'applique pas, comme il l'a pensé. Nous démontrons aussi des théorèmes analogues pour le cas où certains des nombres α_s sont négatifs.

ALGÈBRE. — *Sur les matrices singulières.* Note de M. **Ottokar Borůvka**, présentée par M. Élie Cartan.

Je me suis aperçu que le théorème I de ma Note récente ([1]) n'est pas nouveau. On le doit à Ed. Weyr ([2]). La démonstration que j'ai donnée de ce théorème semble cependant être originale.

GÉOMÉTRIE SUPÉRIEURE. — *Sur les surfaces de Bianchi.* Note de M. **Serge Bucheguennce**.

1. J'ai constaté ([3]) que *les deux systèmes* (u, v coordonnées curvilignes quelconques)

$$(1)\qquad \left(\frac{1}{K}\right)_{11} du^2 + 2\left(\frac{1}{K}\right)_{12} du\,dv + \left(\frac{1}{K}\right)_{22} dv^2 = 0,$$

$$(2)\qquad (\log K)'_{11}\, du^2 + 2(\log K)'_{12}\, du\,dv + (\log K)'_{22}\, dv^2 = 0$$

sont conjugués sur les surfaces de Bianchi B_3 *et réciproquement.* C'est un fait, un peu inattendu, que *les systèmes* (1) *et* (2) *sont toujours distincts pour les surfaces de Bianchi :* on s'en assure aisément par le calcul des dérivées covariantes φ_{ik} prises pour la surface ou φ'_{ik} prises pour sa représentation sphérique, la courbure totale K étant égale à $-1/(A^2 + B^2)$, où A est fonction de α, B de β, α et β étant les paramètres asymptotiques; A et B sont supposées non constantes.

2. Les surfaces de Bianchi B_3 sont donc les solutions de l'équation aux

([1]) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 600.

([2]) *Comptes rendus*, 100, 1885, p. 966; *Monatshefte Math. Phys.*, 1, 1890, p. 186.

([3]) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 2122-2124.

dérivées partielles

(3) $$D\left(\frac{1}{K}\right)_{22} - 2D'\left(\frac{1}{K}\right)_{12} + D''\left(\frac{1}{K}\right)_{11} = 0,$$

qui peut se mettre sous la forme

$$\frac{\partial}{\partial v}\left[\frac{1}{H}\left(D\frac{\partial}{\partial v}\frac{1}{K} - D'\frac{\partial}{\partial u}\frac{1}{K}\right)\right] = \frac{\partial}{\partial u}\left[\frac{1}{H}\left(D'\frac{\partial}{\partial v}\frac{1}{K} - D''\frac{\partial}{\partial u}\frac{1}{K}\right)\right],$$

de sorte que nous pouvons définir une fonction ψ par les équations

$$\frac{\partial\psi}{\partial u} = \frac{1}{H}\left(D\frac{\partial}{\partial v}\frac{1}{K} - D'\frac{\partial}{\partial u}\frac{1}{K}\right), \qquad \frac{\partial\psi}{\partial v} = \frac{1}{H}\left(D'\frac{\partial}{\partial v}\frac{1}{K} - D''\frac{\partial}{\partial u}\frac{1}{K}\right),$$

et alors la relation

$$D\frac{\partial K}{\partial v}\frac{\partial\psi}{\partial v} - D'\left(\frac{\partial K}{\partial u}\frac{\partial\psi}{\partial v} + \frac{\partial K}{\partial v}\frac{\partial\psi}{\partial u}\right) + D''\frac{\partial K}{\partial u}\frac{\partial\psi}{\partial u} = 0$$

montre que les familles $K = \text{const.}$, $\psi = \text{const.}$ donnent *un troisième système conjugué connu* a priori *sur toute surface de Bianchi* B_3. On constate que, si l'on part de l'autre forme de l'équation aux dérivées partielles de ces surfaces,

$$D(\log K)'_{22} - 2D'(\log K)'_{12} + D''(\log K)'_{11} = 0,$$

nous retrouvons le même système conjugué K, ψ. [Rappelons, pour éviter toute confusion, que D, D′, D″ ne sont pas les coefficients primitifs de Gauss, mais ceux que définit l'identité

$$S\, dc\, dx \equiv -(D\, du^2 + 2D'\, du\, dv + D''\, dv^2).]$$

Si l'une des familles (1) *se confond avec la famille* $K = \text{const.}$, *on a*

$$\left(\frac{1}{K}\right)_{11}\left[\frac{\partial}{\partial v}\frac{1}{K}\right]^2 - 2\left(\frac{1}{K}\right)_{12}\left[\frac{\partial}{\partial u}\frac{1}{K}\right]\left[\frac{\partial}{\partial v}\frac{1}{K}\right] + \left(\frac{1}{K}\right)_{22}\left[\frac{\partial}{\partial u}\frac{1}{K}\right]^2 = 0,$$

autrement dit, la famille $K = \text{const.}$ *est géodésique sur la surface de Bianchi;* de même, *si l'une des familles* (2) *se confond avec la famille* $K = \text{const.}$, *cette dernière est géodésique sur la sphère représentative.*

3. *Si la surface de Bianchi* B_3 *se déforme sur la famille* (1) *comme base principale, la surface reste* B_3; mais, *si la surface peut se déformer sur la famille* (2) *comme base principale, elle ne reste pas surface* B_3. Dans la Note déjà citée, j'ai démontré, en substance, le résultat auquel je donne une forme différente de celle donnée précédemment [n'ayant pas, dans cette Note précédente, remarqué que les systèmes (1), (2) étaient différents].

Un système invariant, $\varphi'_{11}du^2 + 2\varphi'_{12}du\,dv + \varphi'_{22}dv^2 = 0$, pour une surface déterminée par son image sphérique, *peut être base principale seulement dans deux cas* :

1° *L'image sphérique du système coïncide avec l'image sphérique du système conjugué géodésique d'une surface de Voss;*

2° *Les coefficients de l'image sphérique de ce système sont fonctions d'un seul paramètre* $\sigma = u + v$.

Mais ces conditions *nécessaires* ne sont pas *suffisantes*. Par exemple, pour les surfaces B_3, si l'on a $\varphi \equiv \log K$, il faut par surcroît vérifier les équations de Gauss-Codazzi et $DD'' = 1/K$.

GÉOMÉTRIE. — *Généralisation du théorème de Brunn et Minkowski concernant les corps convexes.* Note (¹) de M. **Werner Fenchel**, présentée par M. Gaston Julia.

Soient K_0, K_1, C_1, C_2, ..., C_{n-p} des corps convexes dans l'espace à n dimensions. Considérons la série linéaire de corps convexes

$$K_\vartheta = (1-\vartheta)K_0 + \vartheta K_1 \qquad (0 \leqq \vartheta \leqq 1).$$

Le volume mixte

$$\Phi(\vartheta) = V(\underbrace{K_\vartheta, \ldots, K_\vartheta}_{p}, C_1, C_2, \ldots, C_{n-p})$$

est un polynome de degré p par rapport à ϑ. Le théorème dont je vais indiquer une démonstration est le suivant :

La racine $p^{ième}$ du polynome $\Phi(\vartheta)$ est une fonction concave ou linéaire par rapport à ϑ.

Lorsque les corps C_1, C_2, ..., C_{n-p} sont identiques à la sphère de rayon 1, il est nécessaire et suffisant pour que cette racine soit linéaire, que les corps K_0 et K_1 soient homothétiques.

Pour $p = n$, on a le théorème classique de Brunn et Minkowski. Pour $p = 2$, MM. T. Kubota et J. Favard (²) ont démontré ce théorème dans le cas des

(¹) Séance du 19 octobre 1936.

(²) Cf. T. Kubota, *Science Reports Tôhoku University*, 14, 1925, p. 399-402, et J. Favard, *Journal de Mathématiques*, 9e série, 12, 1933, p. 219-282.

sphères C_ν. D'autres résultats particuliers ont été obtenus par divers auteurs ([1]).

La première partie du théorème est une conséquence simple de l'inégalité

$$(1)\qquad V^2_{123\ldots n} \geqq V_{113\ldots n} V_{223\ldots n}$$

démontrée par l'auteur dans une Note antérieure ([2]). De là on tire

$$(2)\qquad V^2_{(\nu)} \geqq V_{(\nu-1)} V_{(\nu+1)} \qquad (\nu = 1, 2, \ldots, p-1),$$

où l'on a posé pour abréger

$$(3)\qquad V(\underbrace{K_0, \ldots, K_0}_{p-\nu}, \underbrace{K_1, \ldots, K_1}_{\nu}, C_1, C_2, \ldots, C_{n-p}) = V_{(\nu)}.$$

On a donc

$$(4)\qquad \left(\frac{d^2}{d\vartheta^2}\sqrt[p]{\Phi(\vartheta)}\right)_{\vartheta=0} = (p-1)\,\Phi^{\frac{1}{p}-2}\,(V_{(0)}V_{(2)} - V^2_{(1)}) \leqq 0.$$

Pour en déduire l'inégalité exprimant la concavité de $\sqrt[p]{\Phi(\vartheta)}$,

$$\frac{d^2}{d\vartheta^2}\sqrt[p]{\Phi(\vartheta)} \leqq 0$$

pour $\vartheta = \alpha$ quelconque, il n'y a qu'à appliquer l'inégalité (4) aux corps K_α et K_1 au lieu de K_0 et K_1.

La démonstration de la deuxième partie du théorème exige une amélioration de l'inégalité (1). Soient C_0 un corps convexe quelconque, λ_1 et λ_2 deux nombres non négatifs. Si l'on applique (1) aux corps $C_1 + \lambda_1 C_0$ et $C_2 + \lambda_2 C_0$ au lieu de C_1 et C_2, on trouve qu'un polynome de second degré par rapport à λ_1 et λ_2 doit être non négatif quels que soient les nombres λ_1 et λ_2 non négatifs. De là on tire sans difficulté ([3])

$$\frac{V_{123\ldots n}V_{003\ldots n}}{V_{013\ldots n}V_{023\ldots n}} \geqq 1 - \sqrt{\left(1 - \frac{V_{003\ldots n}V_{113\ldots n}}{V^2_{013\ldots n}}\right)\left(1 - \frac{V_{003\ldots n}V_{223\ldots n}}{V^2_{023\ldots n}}\right)}.$$

Si l'on remplace la moyenne géométrique au second membre par la

---

([1]) Pour des indications détaillées voir T. Bonnesen et W. Fenchel, *Ergebn. d. Mathematik*, 3, 1934, p. 93, 108-109.

([2]) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 647.

([3]) Ce procédé a été appliqué dans un cas particulier par M. J. Favard, *Matematisk Tidsskrift*, B, 1930, p. 33-40.

moyenne arithmétique, le second membre n'augmente pas et l'on obtient

$$(5)\qquad \frac{V_{113\ldots n}}{V^2_{013\ldots n}} - 2\frac{V_{123\ldots n}}{V_{013\ldots n}V_{023\ldots n}} + \frac{V_{223\ldots n}}{V^2_{023\ldots n}} \leqq 0.$$

Pour que le signe d'égalité ait lieu ici, il est nécessaire que les deux moyennes soient égales, c'est-à-dire que

$$(6)\qquad \frac{V_{113\ldots n}}{V_{223\ldots n}} = \frac{V^2_{013\ldots n}}{V^2_{023\ldots n}}.$$

L'inégalité (5) apporte à (1) l'amélioration indiquée. Pour que le signe d'égalité ait lieu dans (1), il est donc nécessaire que (6) soit valable pour tout corps convexe C_0.

Retournons maintenant au théorème indiqué. La linéarité de la fonction $\sqrt[p]{\Phi(\mathfrak{I})}$ entraîne le signe d'égalité dans toutes les inégalités (2), et inversement. Nous avons donc dans ce cas

$$\frac{V_{(0)}}{V_{(1)}} = \frac{V_{(1)}}{V_{(2)}} = \ldots = \frac{V_{(p-1)}}{V_{(p)}}.$$

Si nous posons d'une manière analogue à (4)

$$V(\underbrace{K_0, \ldots, K_0}_{p-\nu-1}, \underbrace{K_1, \ldots, K_1}_{\nu}, C_0, C_1, \ldots, C_n) = V'_{(\nu)},$$

nous pouvons écrire les conditions nécessaires démontrées ci-dessus, afin que ces équations soient valables, de la manière suivante :

$$\frac{V'_{(0)}}{V'_{(1)}} = \frac{V'_{(1)}}{V'_{(2)}} = \ldots = \frac{V'_{(p-2)}}{V'_{(p-1)}}.$$

Nous avons donc les mêmes équations pour $p-1$ au lieu de p. Mais puisque le théorème est vrai pour $p=2$ dans le cas des sphères C_ν, il l'est aussi pour p quelconque.

A l'aide de ce théorème on peut démontrer, par un procédé appliqué par Minkowski dans le cas de l'espace à trois dimensions, un théorème sur la détermination des hypersurfaces convexes dont une fonction symétrique élémentaire des rayons de courbure principaux est donnée comme fonction de la direction normale. La démonstration de ce théorème et les détails de l'objet de la Note présente seront publiés dans un autre Recueil.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les zéros des dérivées des fractions rationnelles.* Note (¹) de M. **Jean Dieudonné.**

1. J'ai démontré (²) le théorème suivant : *si les zéros d'un polynome* $Q(z)$ *sont situés dans le demi-plan* (³) $I(z) > 0$, *le polynome* $F \equiv PQ' - QP'$ *a au moins un zéro dans ce demi-plan, quel que soit le polynome* $P(z)$. On peut toujours supposer que les zéros $z_1, z_2, \ldots, z_m$ de $Q(z)$ sont *simples*, les autres cas s'en déduisant par continuité.

La propriété sur laquelle repose la démonstration de ce théorème est que

$$\frac{F'(z_k)}{F(z_k)} = \frac{Q''(z_k)}{Q'(z_k)} \qquad (k = 1, 2, \ldots, m).$$

Par suite, *tout polynome* $\Phi(z)$ *tel que*

$$(1) \qquad \frac{\Phi'(z_k)}{\Phi(z_k)} = C\frac{Q''(z_k)}{Q'(z_k)} \qquad (k = 1, 2, \ldots, m;\ C = \text{const.})$$

aura aussi un zéro au moins dans le demi-plan $I(z) > 0$.

2. Soient $P(z)$, $A(z)$ deux polynomes *arbitraires*, α un nombre complexe *arbitraire*. Nous allons voir que *le numérateur* $\Phi(z)$ *de la fraction rationnelle*

$$(2) \qquad (z-\alpha)^{n-1}\frac{d^n}{dz^n}\left(\frac{P}{Q}\right) + n(n-1)(z-\alpha)^{n-2}\frac{d^{n-1}}{dz^{n-1}}\left(\frac{P}{Q}\right) + \frac{A}{Q^{n-1}}$$

satisfait aux conditions (1), *quel que soit l'entier n.*

La formule de Faa de Bruno (⁴) donnant les dérivées d'une fonction de fonction montre en effet que

$$\frac{d^p}{dz^p}\left(\frac{1}{Q}\right) = (-1)^p\frac{p!\,Q'^p}{Q^{p+1}} + (-1)^{p-1}C_p^2(p-1)!\frac{Q'^{p-2}Q''}{Q^p} + \frac{B}{Q^{p-1}}$$

(B polynome), d'où

$$\frac{d^p}{dz^p}\left(\frac{P}{Q}\right) = (-1)^p p!\frac{PQ'^p}{Q^{p+1}} + (-1)^{p-1}p!\frac{Q'^{p-2}}{Q^p}\left(\frac{p-1}{2}PQ'' + P'Q'\right) + \frac{M}{Q^{p-1}}$$

(¹) Séance du 19 octobre 1936.

(²) *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 1966-1967.

(³) $I(z)$ désigne la partie imaginaire de z.

(⁴) *Quarterly Journal of Math.*, **1**, 1868, p. 359.

(M polynome), et enfin

$$\Phi = (-1)^n n!(z-\alpha)^{n-2}\Big\{(z-\alpha)\Big[PQ'^n - QQ'^{n-2}\Big(\frac{n-1}{2}PQ'' + P'Q'\Big)\Big] - (n-1)PQQ'^{n-1}\Big\} + Q^2R$$

(R polynome). Il suffit de dériver et de substituer à z les zéros de Q pour obtenir

$$\frac{\Phi'(z_k)}{\Phi(z_k)} = \frac{n+1}{2}\frac{Q''(z_k)}{Q'(z_k)},$$

d'où la proposition.

3. Considérons maintenant une fraction rationnelle *de degré m*

$$f(x) = \frac{P_1(x)}{Q_1(x)},$$

dont tous les pôles sont à l'intérieur d'un cercle (C). Soient λ un point de la circonférence (C), et

$$(3) \qquad z = \alpha + \frac{\mu}{x-\lambda}$$

une transformation homographique faisant correspondre à l'intérieur de (C) le demi-plan $I(z) > 0$. Si $P(z)/Q(z)$ est la fraction rationnelle transformée de $f(x)$ par (3), la formule de Faa de Bruno montre que la transformée de l'expression

$$(-1)^n \frac{(x-\lambda)^{n+1}}{\mu}\frac{d^n f}{dx^n}$$

est une fraction rationnelle du type (2). Par suite, *si les m pôles d'une fraction rationnelle de degré m sont à l'intérieur d'un cercle* (C), *une dérivée d'ordre quelconque de la fraction a au moins un zéro à l'intérieur de* (C).

4. Le théorème rappelé au début de cette Note fournissait, *pour la dérivée première*, la démonstration du théorème précédent. De plus, pour la dérivée première, le théorème ne peut être amélioré sans autres hypothèses sur la fraction rationnelle; il est vraisemblable, au contraire, que le nombre minimum des zéros d'une dérivée d'ordre k, intérieurs à (C), est supérieur à *un* et croît avec k lorsque k est assez grand [1].

Il n'est pas inutile de remarquer que, même en supposant *de plus* tous les *zéros* de la fraction rationnelle *intérieurs à* (C), le nombre minimum l des

[1] Cf. J. Dieudonné, *Bull. de la Soc. math. de France*, 60, 1932, p. 173-196.

zéros d'une dérivée d'ordre k intérieurs à (C) *est le même que dans le cas général.* En effet, si P_1/Q_1 est une fraction rationnelle pour laquelle ce minimum est atteint (avec P_1 quelconque), $(Q_1+\lambda P_1)/Q_1$ est une fraction ayant les mêmes dérivées à un facteur près, et pour λ assez petit, les zéros de $Q_1+\lambda P_1$ seront certainement à l'intérieur de (C).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur des propriétés de symétrie des courbes intégrales de systèmes différentiels du second ordre.* Note de M. **Pierre Boos**, présentée par M. Gaston Julia.

1. Étant donné un système différentiel

$$(1) \qquad \begin{cases} y'=f(x, y, z), \\ z'=g(x, y, z), \end{cases}$$

dans lequel f et g sont deux fonctions holomorphes en x, y, z au voisinage des valeurs x_0, O, O; nous supposons que $g(x, y, O)$ n'est pas identiquement nul et nous définissons une courbe intégrale par le point $A(x_0, d, O)$ où elle perce le plan xOy. Nous nous proposons de déterminer la forme nécessaire des fonctions f et g pour que les courbes intégrales (C) et (C′), définies respectivement par deux points A et A′ symétriques par rapport à Ox, se correspondent par symétrie quelle que soit la position de A (voisine du segment de Ox le long duquel les fonctions f et g sont holomorphes).

Pour faire cette recherche nous effectuons le changement de variable et de fonctions

$$d=\lambda^2, \qquad x=x_0+\lambda X, \qquad y=\lambda Y, \qquad z=\lambda^{n+1}Z,$$

dans lequel n désigne le degré de la plus forte puissance de y par laquelle est divisible la fonction $g(x, y, O)$.

2. En premier lieu nous cherchons les conditions pour que (C) *et* (C′) *soient symétriques par rapport à la parallèle à* O*z menée par le milieu de* AA′. Nous avons été amené à faire l'hypothèse supplémentaire que Ox *n'est pas une intégrale du système* (1) et nous avons démontré qu'*il faut et il suffit que f et g soient indépendantes de x, que f soit une fonction paire et g une fonction impaire de y*. Les différentes courbes intégrales admettent alors un axe de symétrie si d est assez petit.

Si l'on suppose que Ox est une intégrale du système, les conditions suffisantes ne sont plus nécessaires. Il est facile de former des exemples de

systèmes possédant la propriété envisagée et dans lesquels les deux fonctions f et g ne sont pas indépendantes de x, en particulier le système

$$y' = z,$$
$$z' = -\frac{2y}{x^2} + \frac{2z}{x}.$$

3. Les résultats précédents nous fournissent une propriété intéressante des équations du second ordre

$$y'' = F(x, y, y') \tag{2}$$

dans lesquelles F est holomorphe et qui n'admettent pas Ox pour intégrale. *Pour que la famille des courbes intégrales passant par un point* A *de* Ox *admette, quel que soit* A, *la perpendiculaire en* A *à* Ox *pour axe de symétrie, il faut et il suffit que la fonction* F *soit indépendante de* x *et paire en* y'. Il en résulte que cette propriété de symétrie relative aux familles d'intégrales entraîne deux propriétés des intégrales : déplacement par translation parallèle à Ox et existence d'un axe de symétrie parallèle à Oy si la pente d de la tangente en A à l'intégrale est assez petite. Il est bon de noter que cette dernière propriété n'entraîne pas nécessairement les deux autres, ainsi qu'on peut le voir sur l'exemple simple $y'' = 2e^x - y'$ dont les intégrales admettent un axe de symétrie si $d < e^{x_0}$.

4. Pour que les deux courbes (C) et (C′) soient symétriques par rapport au milieu de AA′, il suffit manifestement que f et g soient indépendantes de x et paires par rapport à l'ensemble des deux lettres y et z. Cette condition suffisante est nécessaire seulement lorsque Ox *n'est pas une intégrale et si* n *n'est pas nul*. Si n est nul les conditions nécessaires sont moins restrictives et nous n'avons pu les déterminer simplement. Il est facile de former des exemples simples de systèmes possédant la propriété étudiée et dans lesquels les fonctions f et g ne sont pas indépendantes de x ; ainsi les systèmes

$$y' = x - zx, \qquad z' = \frac{1}{x} + \frac{z}{x};$$

$$y' = \frac{\cos x}{\sin x} + z\frac{1}{\sin x}, \qquad z' = \frac{1}{\sin x} + z\frac{\cos x}{\sin x}.$$

5. Enfin les mêmes développements en série nous montrent facilement qu'il faut et il suffit que f soit une fonction impaire et g une fonction paire de y pour que les deux courbes (C) et (C′) soient symétriques par rapport au plan xOz ; ici il est inutile de supposer que Ox n'est pas une intégrale.

De même pour que les courbes (C) et (C') soient symétriques par rapport à Ox, il faut et il suffit que f et g soient des fonctions impaires par rapport à l'ensemble des deux lettres y et z; dans ce cas Ox est toujours une intégrale du système.

BALISTIQUE EXTÉRIEURE. — *Le moment d'impulsion initiale et l'inclinaison des rayures. Les périodes d'instabilité virtuelle des projectiles.* Note de M. **Robert d'Adhémar**, présentée par M. Ernest Esclangon.

1. Je conserve les mêmes axes et les mêmes notations; Gz coïncide avec l'axe du projectile; Gy est dans le plan de résistance et Gx est perpendiculaire sur ce plan; M_x, M_y, M_z sont les composantes du moment résultant des forces extérieures, par rapport au centre de gravité; p, q, ρ les composantes de la rotation instantanée du projectile; A le moment d'inertie axial, B le moment d'inertie transversal. Je suppose la rayure à gauche.

Posons

$$A = nB, \qquad \omega = n\Omega, \qquad \xi = n\rho.$$

Le coefficient n peut être compris entre $1/5$ et $1/10$.

Soit ν un coefficient numérique défini par $n\nu \sim 1$. Je pose

$$J = \frac{g\cos\tau}{v}.$$

On a, au départ,

$$\delta_0 = 0, \qquad \delta'_0 > 0, \qquad M_x^0 = 0.$$

Je suppose δ'_0 grand par rapport à J_0, et petit par rapport à ω. Cette hypothèse est suggérée par l'examen des courbes expérimentales.

Je suppose η'_0 négligeable par rapport à J_0, ce qui signifie que la perturbation initiale n'est pas trop forte.

J'admets en outre que l'on a $|\rho'_0| < \nu\delta'_0$, ce qui signifie que la décroissance initiale de ρ, si elle existe, n'est pas exagérée.

La deuxième équation du moment cinétique pourra être mise sous cette forme

$$\delta'_0(2x_0 - nx_0 - \omega) = \frac{M_y^0}{B}, \tag{1}$$

ou bien

$$2x_0 - nx_0 - \omega = \pm(\omega + nx_0), \tag{2}$$

en posant $x \equiv \psi'$. On doit distinguer deux cas.

Premier cas. — La pointe sort du plan de tir, vers la gauche; nous avons alors les relations approchées

$$(3) \qquad x_0 = 0, \qquad \rho_0 = \Omega, \qquad M_y^0 = -A\Omega\delta'_0.$$

Second cas. — La pointe sort vers la droite, nous avons alors les relations approchées

$$(4) \qquad x_0(1-n) = \omega, \qquad \rho_0(1-n) = \Omega, \qquad M_y^0 = \frac{A}{1-n}\Omega\delta'_0.$$

Cela met en relief la nécessité de choisir une valeur assez grande de Ω. En effet, si Ω est trop petit, δ'_0 pourra être trop grand, et le premier maximum de δ pourra être trop grand, ce qui serait un mauvais début, en ce qui concerne la stabilité du projectile.

2. Considérons maintenant la période régulière. La composante ρ reste constante; admettons que l'on a $\rho = \Omega$. Toute la théorie élémentaire du mouvement gyroscopique repose sur un artifice qui n'a jamais été reconnu, et, par suite, on a attribué à M_y un rôle qui n'est pas le sien.

Écrivons la première équation du moment cinétique

$$(5) \qquad p' + q(\omega - \psi') = \omega P\delta.$$

Cet artifice consiste en la décomposition de cette équation (5) en deux équations

$$p = 0 \qquad \text{et} \qquad q = P\delta.$$

L'approximation est valable si l'on a

$$\omega - \psi' \sim \omega.$$

Nous pouvons, d'autre part, mettre l'équation (5) sous la forme suivante :

$$(6) \qquad x^2\delta - \omega x\delta + \omega P\delta - \omega J\sin\psi - \delta'' + J'\cos\psi = 0;$$

on voit alors que la valeur numérique de x est très grande si δ est très petit. Donc la théorie élémentaire cesse d'être valable dans des zones très petites entourant les minima de δ voisins de zéro. Et, dans ces zones, les valeurs numériques de p et de q peuvent être un peu fortes, relativement au point de vue de la stabilité. Ce sont des périodes d'instabilité virtuelle. Nous voyons que les zones d'instabilité, signalées en 1927 par M. E. Esclangon, correspondent aux minima de l'écart presque nuls.

3. Considérons ce qui concerne le second moment M_y, dans les for-

mules (3) et (4). Pendant les périodes d'instabilité virtuelle, on ne peut rien dire, *a priori*, à ce sujet. Dans les périodes régulières, l'expression très approchée de M_y est $B\,dP\,\delta/dt$. On voit combien était téméraire l'ancienne hypothèse d'après laquelle M_y contient δ en facteur.

THÉORIE DES QUANTA. — *Sur les chaleurs spécifiques des liquides et des gaz.* Note de M. **René Lucas**, présentée par M. Paul Langevin.

M. Léon Brillouin ([1]) a proposé de développer la théorie quantique des chaleurs spécifiques des liquides monoatomiques suivant une extension de la méthode utilisée avec succès pour les solides. Dans le cas des liquides les ondes transversales d'agitation thermique seraient remplacées par des tourbillons liquides apportant une contribution (purement cinétique) à l'énergie des ondes longitudinales qui avaient seules été prises en considération par Debye.

Dans la présente Note je me propose de rappeler que les idées classiques (Stokes) relatives aux fluides doués de viscosité justifient complètement l'existence d'ondes transversales, négligées jusqu'ici, et qu'il est possible, en en tenant compte, de développer une théorie quantique des chaleurs spécifiques des fluides tout à fait analogue à celle des solides.

Dans un fluide de viscosité η et de masse spécifique ρ, un mouvement de glissement périodique de fréquence ν se propage par onde transversale avec une vitesse de phase $V_t = 2\sqrt{\pi\eta\nu/\rho}$, d'où l'on déduit une vitesse de groupe $U_t = 4\sqrt{\pi\eta\nu/\rho}$. On peut considérer que l'agitation thermique d'un liquide monoatomique est, dans le cas le plus général, équivalente à une distribution d'ondes longitudinales (de vitesse V_l dépourvue de dispersion) et d'ondes transversales. Chacun de ces types de mouvements correspond à une distribution de vitesse sans rotationnel et sans divergence.

Si l'on appelle ν_l et ν_t les fréquences limites supérieures qui peuvent exister pour ces deux types d'ondes, et suivant le mode d'évaluation utilisé pour les solides, l'énergie qui correspond à ces oscillations serait par unité de volume

$$W = \frac{4\pi}{V_l^3}\int_0^{\nu_l} \nu^2 F(\nu)\,d\nu + p\,8\pi\int_0^{\nu_t} \frac{\nu^2}{U_t V_l^2} F(\nu)\,d\nu,$$

où $F(\nu)$ désigne la fonction $h\nu/e^{h\nu/KT} - 1$.

([1]) *Journal de Physique*, 7e série, 8, 1936, p. 153.

On doit tenir compte que les ondes transversales d'origine visqueuse ne correspondent à aucune énergie potentielle développée entre atomes lors de mouvements de glissements (p doit être pris égal à $1/2$ puisqu'il n'y a que de l'énergie cinétique).

En admettant les mêmes valeurs de fréquences limites que dans la théorie des solides

$$\nu_l = V_l\left(\frac{3N}{4\pi u}\right)^{\frac{1}{3}}, \qquad \nu_t = V_t\left(\frac{3N}{4\pi u}\right)^{\frac{1}{3}},$$

N nombre d'Avogadro, u volume de l'atome gramme. Ici

$$\nu_t = \frac{4\pi\eta}{\rho}\left(\frac{3N}{4\pi a}\right)^{\frac{2}{3}},$$

d'où l'expression de

$$W = \frac{4\pi}{V_l^3}\int_0^{\nu_l}\nu^2 F(\nu)\,d\nu + 4\pi\int_0^{\nu_t}\frac{\sqrt{\nu}}{16\left(\frac{\pi\eta}{\rho}\right)^{\frac{3}{2}}}F(\nu)\,d\nu.$$

Cette expression indique une valeur de chaleur spécifique atomique à volume constant c (pour cet état *liquide parfait*) qui serait $c = 2R$, soit 4^{cal} par atome gramme aux températures élevées.

Lorsque le fluide est en phase condensée, les interactions entre atomes font intervenir une énergie potentielle d'oscillation lors de la propagation d'ondes longitudinales, énergie dont il est tenu compte dans le premier des deux termes exprimant la valeur de W. Si maintenant la distance entre atomes devient assez grande cette contribution d'énergie potentielle d'oscillation disparaît (cas des gaz parfaits). Comme dans le cas des ondes transversales du liquide parfait il ne faut plus garder, pour chaque résonateur, que la moitié de l'énergie quantique attribué à celui-ci.

L'expression de W devient alors, pour le gaz parfait,

$$W' = \frac{2\pi}{V_l^3}\int_0^{\nu_l}\nu^2 F(\nu)\,d\nu + 4\pi\int_0^{\nu_t}\frac{\sqrt{\nu}}{16\left(\frac{\pi\eta}{\rho}\right)^{\frac{3}{2}}}F(\nu)\,d\nu,$$

à laquelle cosrespond une chaleur spécifique à volume constant $c = 3/2R$, soit trois calories par atome/gramme à température assez élevée, et ceci en accord avec la théorie cinétique des gaz.

PHYSIQUE. — *Solubilité de l'azote dans l'eau aux ultra-pressions jusqu'à 4500 kg/cm².* Note de MM. **James Basset** et **Maurice Dodé**, présentée par M. Charles Fabry.

Nos connaissances sur la solubilité des gaz dans les liquides sont demeurées très incomplètes et l'existence d'un minimum dans la courbe de solubilité en fonction de la température, dont on a souvent discuté l'existence, n'a notamment été établie de façon certaine que tout récemment par les travaux de Wiebe et de ses collaborateurs ([1]). L'influence des très hautes pressions est encore plus mal connue, les prévisions théoriques ne renseignent que très mal sur les phénomènes et deviennent tout à fait illusoires lorsqu'on approche des pressions de la tonne/cm² ([2]). Aussi nous a-t-il paru intéressant d'effectuer des mesures de solubilité à des pressions très élevées.

Cette première étude porte sur la solubilité de l'azote dans l'eau, à la température ambiante, et jusqu'à une pression de 4500 kg/cm². Nous avons utilisé le matériel réalisé par l'un de nous et déjà décrit ([3]). Le mode opératoire réalisé consiste à introduire peu à peu le liquide, par barbotage, jusqu'à ce que la pression atteigne la valeur cherchée, puis à laisser le gaz en contact avec le liquide pendant un temps suffisant pour que deux mesures, effectuées à quelques heures, ou même à quelques jours de distance fournissent le même résultat. La mesure s'effectue en détendant lentement le liquide dans un vase taré, en relation avec une éprouvette où l'on recueille le gaz. Pendant cette détente, la pression est maintenue constante à la surface du liquide, dans la chambre à ultra-pression, par introduction progressive d'une quantité convenable de gaz; les canalisations sont disposées de façon à ce que le gaz ne puisse pas être entraîné par le liquide. On obtient ainsi directement la masse du liquide et le volume du gaz. Les prises étaient d'environ 20^{g} de liquide, ce qui fournissait environ 100^{cm^3} de gaz, quantités qui assurent une bonne précision dans les mesures.

Comme le montre le tableau ci-après, la vitesse de dissolution, d'abord grande, diminue très rapidement au fur et à mesure que le gaz se dissout,

---

([1]) R. Wiebe et V.-L. Gaddy, *Ann. Chem. Soc.*, **56**, 1934, p. 77.

([2]) R. Wiebe, V.-L. Gaddy et C. Heins, *J. Ann. Chem. Soc.*, **55**, 1933, p. 947.

([3]) James Basset, *Comptes rendus*, **185**, 1927, p. 343; **191**, 1930, p. 928; **195**, 1932, p. 1242.

et la saturation demande plusieurs jours de contact. Les chiffres ci-dessous ne sont évidemment valables que pour notre appareillage offrant une surface de contact de 7^{cm^2} pour un volume de 70^{cm^3} d'eau.

Temps de contact	30 m.	1 h 30.	5 h.	10 h.	25 h.	50 h.	80 h.
Centimètres cubes d'azote dissous par centimètre cube d'eau sous 3000 kg/cm²	1,1	2,1	3,5	4,7	6,1	6,9	7,0
Centimètres cubes d'azote dissous par centimètre cube d'eau sous 1000 kg/cm²	0,6	1,6	3,0	3,8	5,0	5,9	6,1

Les résultats moyens obtenus pour des durées de contact de l'ordre de 80 heures sont donnés dans le tableau ci-dessous, ils sont exprimés en centimètres cubes de gaz (0° — 760) par gramme d'eau liquide. La non-connaissance des lois de compressibilité des deux phases en présence ne permet guère de les exprimer autrement.

Pression (kg/cm²)	500.	1000.	2000.	3000.	4000.	4500.
Centimètres cubes d'azote dissous par centimètre cube d'eau	4,3	6,1	6,9	7,0	6,4	6,0

A partir d'une certaine pression, voisine de 3000 kg/cm², *la solubilité de l'azote dans l'eau décroîtrait donc lorsque la pression continue à s'élever.*

En conséquence il serait intéressant d'effectuer des expériences sous des pressions encore plus élevées afin de confirmer l'existence de ce maximum, qui, actuellement, doit simplement être considéré comme probable.

Les études, poursuivies par l'un de nous, montrent que le système N^2/eau ne tend pas vers la miscibilité, car la densité de l'eau reste toujours supérieure à la densité de l'azote, même pour des pressions supérieures à 15000 kg/cm².

L'azote employé était de l'azote à 99,7 pour 100 de pureté, mais cet azote était comprimé préalablement à 1000^{kg} dans un compresseur à quatre étages provoquant au passage des soupapes des entraînements de traces d'huile atomisée que notre appareillage ne nous permettait pas d'éliminer.

Les résultats que nous avons observés diffèrent notablement de ceux publiés par Wiebe; nous supposons que les traces d'huile entraînées pendant la compression du gaz peuvent créer à la surface de l'eau un film d'huile qui peut empêcher ou rendre plus difficile la dissolution du gaz.

Durant certaines expériences le contact du gaz et du liquide a été maintenu pendant très longtemps (260 heures sous 2000^{kg}, 818 heures sous 2500^{kg}, 219 heures sous 4500^{kg}).

Les expériences étaient faites à la température ambiante voisine de 18° pendant les temps de contact.

Nous nous proposons de reprendre cette étude avec un appareillage assurant l'élimination complète des traces d'huile entraînées par le gaz et permettant d'expérimenter sous des pressions plus élevées.

ÉLECTRONIQUE. — *Conservation de l'énergie et expérience de Shankland.* Note (1) de M. **Félix Cernuschi**, présentée par M. Jean Perrin.

Dirac (2) a interprété le résultat de l'expérience de Shankland (3) sur la base de la théorie de Bohr-Kramers-Slater, c'est-à-dire en supposant que la simultanéité entre le quantum de la radiation diffusée et l'électron correspondant dans la radiation électronique secondaire n'existe pas quand nous utilisons une source de rayons γ de haute fréquence, et en conséquence que le principe de la conservation de l'énergie serait inapplicable dans les processus atomiques de grande énergie. L'expérience de Bothe (4) et Geiger a montré que la simultanéité existe pour les rayons X. Dernièrement Bothe a fait de nouvelles expériences avec les rayons γ et a présenté les résultats au dernier Congrès de Physique à Copenhague en démontrant que la simultanéité existe aussi pour les radiations très dures. Par conséquent nous devons abandonner définitivement la théorie Bohr-Kramers-Slater-Dirac.

Peierls (5) a fait noter qu'une explication satisfaisante des résultats de Shankland pouvait être donnée en supposant que la simultanéité existe, mais que le principe de la conservation de l'énergie ne reste pas valable pour les processus élémentaires.

Nous voulons faire remarquer que les résultats, supposés exacts, obtenus par Shankland, n'impliquent pas nécessairement l'abandon des lois de conservation.

Nous admettrons que la simultanéité et la conservation de l'énergie et du moment s'appliquent aux processus élémentaires, mais que, pour des

(1) Séance du 12 octobre 1936.
(2) *Nature*, 137, 1936, p. 298.
(3) *Phys. Rev.*, 49, 1936, p. 8.
(4) *Zeits. f. Phys.*, 22, 1925, p. 639.
(5) *Nature*, 137, 1936, p. 904.

énergies plus hautes qu'un million de volts, les électrons peuvent être excités au moment de la collision. Notre connaissance sur les particules élémentaires est pour le moment très insuffisante, et probablement quelques curieux résultats expérimentaux, qui paraissent ne pas confirmer le principe de la conservation de l'énergie, peuvent avoir une explication d'accord avec ce principe, mais en modifiant nos idées sur la nature des particules élémentaires. Quelques expérimentateurs ont trouvé, par exemple, des valeurs différentes pour la masse du neutron; il est possible que ces différences ne soient pas dues entièrement aux erreurs expérimentales, sinon produites par des états différents d'excitation des neutrons. En regard des électrons il n'y a pour le moment aucun fait expérimental qui prouve que les électrons ne peuvent avoir des états d'excitation. Nous croyons donc utile de donner une explication du phénomène de Shankland, sans supposer la non-validité du principe de la conservation de l'énergie, qui a été si fructueux pour la Physique, en partant de l'hypothèse des états d'excitation des électrons.

Dans cette hypothèse, l'équation de la conservation de l'énergie sera

$$(1) \qquad h\nu - h\nu'' = h\nu' + (m_0 c^2 + h\nu'')\left(\frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}} - 1\right)$$

et celle de la conservation de l'impulsion en coordonnées cartésiennes

$$(2) \qquad \begin{cases} \dfrac{h\nu}{c} = \dfrac{h\nu'}{c}\cos\theta + \dfrac{m'}{\sqrt{1-\beta^2}} V \cos\varphi, \\ 0 = \dfrac{h\nu'}{c}\sin\theta - \dfrac{m'}{\sqrt{1-\beta^2}} V \sin\varphi, \end{cases}$$

où ν, ν' sont les fréquences de la radiation incidente et diffusée et ν'' la fréquence qui correspondrait à l'énergie absorbée par l'électron au moment de la collision. En combinant (1) et (2),

$$(3) \qquad \frac{\nu'}{\nu} = \frac{\left(\dfrac{\nu''}{\nu} - \dfrac{\nu'\nu''}{\nu^2}\right) + \dfrac{m'c^2}{h\nu}\left(1 - \dfrac{\nu''}{\nu}\right)}{1 - \cos\theta + \dfrac{m'c^2}{4\nu}},$$

où

$$m' = \left(m_0 + \frac{h\nu''}{c^2}\right).$$

Quand $\nu'' = 0$, l'équation (3), comme il est très facile de le voir, se réduit à la formule bien connue de l'effet Compton.

En donnant dans (2) différentes valeurs à $\nu'\nu''$ qui satisfassent à (1),

nous obtenons une relation entre les angles θ et φ qui peut interpréter les résultats négatifs obtenus par Shankland. Le nombre des états d'excitation, et en conséquence les différentes valeurs de ν'', doivent être très limités.

Quelques expériences faites par Skobelzyn (¹) paraissent prouver que l'effet Compton est vrai aussi pour de grandes énergies. En utilisant la formule de Debye-Compton, qui donne l'énergie des électrons après le choc en fonction de la fréquence de la radiation première, et en déterminant expérimentalement les valeurs $H\rho_{max}$, il a obtenu avec une approximation suffisante le spectre de la radiation γ du RaC. Nous croyons que cette expérience n'est pas définitive étant donné qu'il a utilisé seulement les résultats expérimentaux correspondant à $\varphi = 0$ et d'un autre côté que la formule de l'énergie pourrait avoir une valeur statistique sans que soit nécessairement vraie la relation de Compton pour les processus élémentaires. Nous considérons que la meilleure solution pour éclaircir ce problème serait de déterminer directement au moyen d'intenses champs électrique et magnétique si les électrons de la radiation secondaire peuvent avoir des différentes valeurs de masse.

Skobelzyn (²) a fait aussi des expériences avec des rayons γ très durs et très homogènes du Th C″ pour étudier la répartition angulaire de l'émission β secondaire accompagnant la diffusion des rayons γ par l'effet Compton. La courbe expérimentale qu'il a trouvée n'est pas tout à fait d'accord avec la courbe correspondant à la formule Klein-Nishina. Il est possible que dans ce cas aussi une reconstruction de la théorie de Klein-Nishina, en tenant compte d'états d'excitation des électrons, donne des résultats théoriques plus concordants avec les faits expérimentaux.

SPECTROSCOPIE. — *Nouvelles mesures sur la variation des écarts avec le champ dans l'effet Zeeman du mercure.* Note (³) de MM. **Pierre Jacquinot** et **Gaston Dupouy**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous avions annoncé (⁴) que, pour deux niveaux du mercure ($^3S_1$ et $^3P_2$), la décomposition par le champ magnétique croissait plus vite que le champ

(¹) *Zeits. f. Phys.*, **43**, 1927, p. 354.
(²) *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 1914.
(³) Séance du 19 octobre 1936.
(⁴) *Comptes rendus*, **201**, 1935, p. 543.

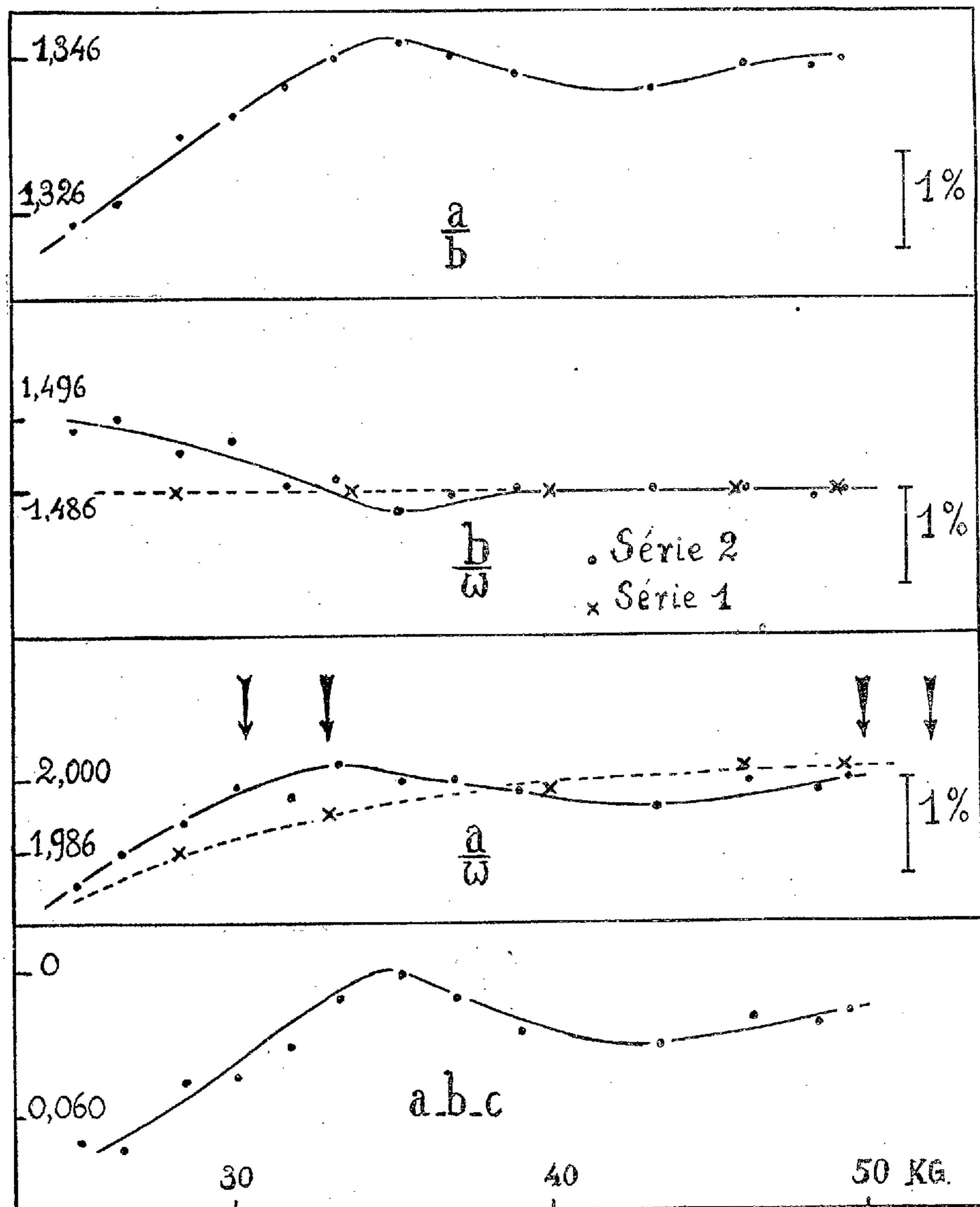
entre 30000 et 50000 gauss, alors que la décomposition du niveau $^3P_1$ restait exactement proportionnelle à H. Plus tard l'un de nous fit, pour plusieurs valeurs du champ, des comparaisons entre les niveaux homologues de Hg, Zn et Cd et trouva que toutes les décompositions étaient, avec la même précision, identiques à celles du niveau $^3S_1$ de Hg, aux facteurs g normaux près. Ceci nous amena à reprendre nos mesures sur la raie 4358 de Hg, pour vérifier si une erreur systématique n'était pas à l'origine des anomalies observées. Les mesures ont été refaites avec les mêmes dispositifs que précédemment, en prenant des précautions spéciales pour éviter la présence de toute trace de fer, soit dans les électrodes, soit dans la bobine de mesure. Chaque détermination d'écart comporte dix séries de quatre mesures faites en différents endroits de la raie, pour éliminer l'influence du grain : la plupart des points représentent la moyenne de plusieurs déterminations ainsi faites, surtout dans les parties accidentées des courbes. On a désigné respectivement par a, b, c, les écarts en cm^{-1} des composantes 1-6, 2-5, 3-4; les courbes de la figure représentent les variations en fonction du champ de a/b, a/ω, b/ω, et $(a\text{-}b\text{-}c)$, ω étant le champ exprimé en cm^{-1} (on ne doit pas attacher trop d'importance aux valeurs absolues, les valeurs relatives étant seules connues avec précision).

La différence apparente entre les résultats des deux séries de mesures tient surtout au fait que la série I comporte assez peu de points pour que des irrégularités aient pu passer inaperçues; elle doit tenir aussi en partie à la mesure des champs et au fait que la largeur de la fente et le réglage du spectrographe n'étaient pas identiques. On notera particulièrement l'importance de la quantité $(a\text{-}b\text{-}c)$: en effet cette différence, qui devrait être nulle, n'est pas négligeable et présente des variations analogues à celles de a/ω; il y a là l'indication certaine d'une cause perturbatrice.

Le triplet de la raie $^3S_1 - {}^3P_0$ est lui-même nettement dissymétrique.

Il est naturel de se demander si l'influence des composantes non résolues de structure hyperfine (hfs) peut expliquer ces anomalies. Nous n'avions cependant pas envisagé cette explication dans notre première Note. En effet, si l'on suppose que l'on mesure, au lieu des composantes elles-mêmes, le centre de densité photographique de leur mélange avec de faibles composantes hfs non résolues, ce centre peut se déplacer légèrement quand on fait varier le temps de pose, pour tendre finalement, pour un temps de pose très faible, vers le maximum de densité. Or nous n'avions observé aucune variation systématique des écarts mesurés, entre des clichés à peine impressionnés et des clichés surexposés : nous avions donc supposé que

l'effet des composantes hfs devait être négligeable, ainsi que cela doit avoir lieu quand l'effet Paschen-Back de hfs est complet.



Nous n'avons pas trouvé non plus dans cette nouvelle série la moindre influence systématique du temps de pose. Cela n'est pourtant pas incompatible avec l'intervention des composantes hfs, à condition d'admettre

que l'on pointe non pas le centre de densité, mais le maximum de densité photographique (qui coïncide avec le maximum d'intensité). Le maximum d'intensité peut être, en effet, légèrement déplacé par les composantes hfs, bien que celles-ci soient très faibles et, tant que l'effet Paschen-Back n'est pas complet, ce déplacement est une fonction compliquée du champ en raison du nombre des composantes.

Dès à présent ces nouvelles mesures rendent très probable l'influence de la hfs, ce qui est en accord avec l'opinion formulée récemment par J. B. Green ([1]) à ce sujet.

Quant aux comparaisons faites avec les niveaux de Zn et Cd, elles ne révèlent plus, dès lors, aucune anomalie car elles ont précisément été faites pour des valeurs du champ (indiquées sur la figure par des flèches) pour lesquelles les points a/ω sont sur une même horizontale.

SPECTROSCOPIE. — *Spectres d'absorption du gaz sulfureux et de l'hydrogène sulfuré dans la région de Schumann.* Note de MM. **Léon Bloch**, **Eugène Bloch** et **Pierre Herreng**, présentée par M. Charles Fabry.

Nous avons entrepris l'étude des spectres d'absorption de différents gaz dans la région de Schumann, en employant comme source de spectre continu la source de Lyman, modifiée par Collins et Price ([2]), et comme appareil spectrographique un appareil à réseau normal de 1^{m} de rayon dans le vide ([3]). La présente Note a pour objet la description des spectres d'absorption de SO^2 et H^2S.

Les bandes d'absorption de SO^2 ont été mesurées par Chow jusqu'aux environs de 2000 Å. Nous avons prolongé sensiblement ces mesures du côté des courtes longueurs d'onde et observé que la différence de fréquences caractéristique signalée par T. C. Chow ([4]) ($\nu = 770$ cm^{-1} environ) semble se retrouver jusqu'au voisinage de 1800 Å. Dans les conditions expérimentales où nous nous sommes placés, nous n'avons pas obtenu le système de bandes d'absorption intense découvert par Price ([5]) au dessous de 1350 Å.

([1]) *Phys. Rev.*, **50**, 1936, p. 126.
([2]) *The Review of Scientific Instruments*, **5**, 1934, p. 423.
([3]) L. et E. Bloch, *Rev. Opt.*, **5**, 1926, p. 63.
([4]) *Chinese Journal of Physics*, **1**, 1933, p. 1.
([5]) *Physical Review*, **47**, 1935, p. 788.

Tableau des bandes d'absorption.

SO^2 :

Int.	Obs.	Longueur d'onde (en Å).	Int.	Obs.	Longueur d'onde (en Å).	Int.	Obs.	Longueur d'onde (en Å).	Int.	Obs.	Longueur d'onde (en Å).
0...	fine	1987,99	0...	diff.	1918,70	1...	diff.	1868,57	00...	bande large	1790,72
1...	diff.	1982,38	1...	fine	1917,07	2...	diff.	1860,81	00...	très diff.	1788,64
1...	diff.	1979,70	0...	diff.	1914,87	1...	diff.	1858,85	00...	bande large	1785,98
1...	diff.	1977,10	2...	diff.	1912,87	2...	diff.	1856,62	00...	très diff.	1783,79
1...	diff.	1974,96	1...	diff.	1909,44	3...	diff.	1854,54	00...	bande large	1782,03
4...	fine	1972,86	0...	diff.	1907,27	0...	diff.	1852,00	00...	très diff.	1779,95
0...	diff.	1970,27	2...	diff.	1903,29	2...	fine	1850,23	0...	bande large	1777,36
2...	fine	1967,64	1...	fine	1900,75	1...	fine	1846,53	0...	très diff.	1774,45
4...	fine	1958,83	4...	fine	1897,93	3...	diff.	1842,75	2...	diff.	1767,27
1...	diff.	1953,75	0...	diff.	1893,65	1...	diff.	1835,93	1...	diff.	1762,89
0...	diff.	1946,54	1...	diff.	1892,04	1...	diff.	1831,87	0...	fine	1761,01
0...	fine	1943,05	3...	fine	1886,53	1...	diff.	1826,92	0...	diff.	1757,13
2...	diff.	1939,15	2...	fine	1882,70	2...	diff.	1825,58	0...	diff.	1752,03
00...	diff.	1937,18	1...	fine	1881,12	2...	fine	1821,17	0...	bande large	1575,17
1...	diff.	1934,59	0...	fine	1879,21	2...	fine	1817,27	0...	très diff.	1570,94
4...	fine	1930,39	0...	diff.	1877,37	1...	diff.	1811,30	0...	bande large	1559,98
0...	diff.	1926,01	2...	fine	1875,28	1...	fine	1807,49	0...	très diff.	1555,16
0...	diff.	1924,27	0...	diff.	1873,86	00...	diff.	1797,99			
1...	diff.	1922,01	3...	fine	1871,55	00...	diff.	1793,50			

H^2S :

Int.	Obs.	Longueur d'onde (en Å).	Int.	Obs.	Longueur d'onde (en Å).	Int.	Obs.	Longueur d'onde (en Å).	Int.	Obs.	Longueur d'onde (en Å).
00...	fine	1600,04	2...	fine	1489,65	00...	fine	1411,90	1...	fine	1268,60
00...	fine	1596,39	0...	large	1487,22	0...	large	1406,44	1...	fine	1266,47
0...	fine	1594,18	0...	fine	1480,46	3...	bande très	1393,21	0...	fine	1262,34
0...	diff.	1586,42	2...	fine	1477,70	3...	large et diff.	1386,31	0...	fine	1260,47
0...	diff.	1580,83	2...	fine	1475,05	00...	fine	1335,09	0...	large	1255,87
0...	diff.	1573,44	1...	fine	1466,60	1...	fine	1332,65	0...	fine	1251,81
00...	diff.	1566,85	1...	large	1462,25	0...	fine	1330,73	0...	diff.	1249,91
0...	diff.	1559,66	1...	fine	1457,26	0...	diff.	1324,23	00...	fine	1243,96
3...	large	1544,60	00...	fine	1450,72	0...	diff.	1321,80	00...	fine	1242,11
3...	large	1524,86	1...	fine	1448,92	2...	fine	1315,82	1...	diff.	1239,53
2...	fine	1516,04	3...	diff.	1432,74	2...	fine	1312,43	0...	fine	1236,19
2...	diff.	1509,77	3...	large	1428,82	0...	diff.	1292,98	0...	diff.	1232,99
4...	fine	1498,92	0...	fine	1422,27	0...	diff.	1290,35	0...	diff.	1231,00
3...	large	1495,84	2...	fine	1420,31	0...	diff.	1273,31	0...	diff.	1221,21

En ce qui concerne H^2S, nos expériences confirment convenablement les résultats de Price [1]. Bien que nos clichés soient faits avec un appareil relativement peu dispersif (18 Å par mm), nous avons cru devoir donner l'ensemble des mesures, parce que les données numériques de Price sont peu nombreuses et très fragmentaires.

Le tableau ci-dessus contient les longueurs d'onde de têtes de bande que nous avons observées. Les mesures ont porté sur plusieurs clichés et on a pris les moyennes. Pour les têtes de bande très nettes, la précision des valeurs de λ atteint 0,1 Å. Elle est sensiblement moindre pour les bandes larges et à bords diffus.

POLARISATION ROTATOIRE. — *Étude du dichroïsme circulaire de solutions de camphre dans des solvants organiques.* Note de MM. **Georges Bruhat** et **Pierre Guénard**, présentée par M. Aimé Cotton.

Le pouvoir rotatoire en solution de certains corps actifs varie dans des proportions importantes avec la concentration et la nature du dissolvant : l'interprétation la plus souvent proposée [2] repose sur l'hypothèse de l'existence de plusieurs formes moléculaires en équilibre. Nous avons pensé que les variations du dichroïsme circulaire se prêteraient mieux que celles de la dispersion rotatoire à l'étude de cette interprétation, par le fait que, au contraire de la dispersion rotatoire, le dichroïsme circulaire à l'intérieur d'une bande ne dépend pratiquement pas des autres bandes. C'est pourquoi, utilisant le quart d'onde composé en quartz et l'analyseur photoélectrique précédemment décrits, nous avons effectué une série de mesures de dichroïsme circulaire dans les régions d'absorption ultraviolettes de solutions d'acide tartrique et de camphre.

Les diverses solutions aqueuses d'acide tartrique que nous avons étudiées ne nous ont donné pour aucune des raies de l'arc au mercure, de dichroïsme mesurable. On peut dire que, pour toutes, le coefficient de dissymétrie g de Kuhn est certainement inférieur à 0,002, et probablement même à 0,001, pour toutes les longueurs d'onde supérieures à 2500 Å.

Les solutions de camphre donnent au contraire des dichroïsmes parfai-

(1) *The Journal of Chemical Physics*, 4, 1936, p. 147.

(2) A. Arndtsen, *Annales de Chimie et de Physique*, 54, 1858, p. 403; G. Bruhat, *Annales de Physique*, 3, 1915, p. 417; R. de Mallemann, *Journal de Physique*, 4, 1923, p. 18; R. Lucas, *Annales de Physique*, 4, 1928, p. 381.

tement mesurables entre 3130 et 2650 Å. Nos mesures, dont on trouvera le détail dans un autre Recueil, montrent que *des solutions étendues* ($0^{g},1$ à 1^{g} dans 100^{cm^3}) *dans le tétrachlorure de carbone, l'hexane, le cyclohexane et le benzène présentent exactement la même courbe de dichroïsme circulaire*, avec un maximum $\varphi_m = 3600$ degrés/dm pour $\lambda_0 = 3000$ Å, c'est-à-dire pour une longueur d'onde nettement plus grande que celle du maximum d'absorption. *La dispersion rotatoire présente les caractéristiques de l'effet Cotton, la courbe qui la représente dans la région d'absorption étant la même pour les quatre solvants.* On est ainsi conduit à admettre que la bande cétonique produit une rotation indépendante de la nature du solvant.

Les relations entre le dichroïsme et la dispersion rotatoire peuvent d'ailleurs être correctement représentées par les formules théoriques. La différence entre le maximum et le minimum de la rotation est égale à 1,2 fois l'ellipticité maximum; on ne peut donc pas employer les formules de Drude relatives à une bande simple; mais on peut utiliser des formules du type proposé par W. Kuhn et E. Braun (¹), représentant l'effet de la superposition de bandes étroites réparties suivant une loi de probabilité. Nous avons modifié légèrement la loi de probabilité admise par Kuhn et Braun, de façon à obtenir des courbes symétriques dans l'échelle logarithmique des longueurs d'onde; posant $\lambda/\lambda_0 - \lambda_0/\lambda = 2\theta u$, nous représentons les différences des indices d'extinction et d'absorption par les formules

$$\Delta\varkappa = A e^{-u^2}, \qquad \Delta n = \frac{2A}{\sqrt{\pi}} e^{-u^2} \int_0^u e^{x^2}\, dx.$$

Les constantes A, λ_0 et θ étant déterminées d'après la courbe de dichroïsme, dont la demi-largeur est $\delta = 0,830\lambda_0 = 170$ Å, la courbe de dispersion rotatoire calculée coïncide bien avec la courbe expérimentale pour les longueurs d'onde inférieures à 3200 Å. Pour les longueurs d'onde supérieures, et en particulier dans le spectre visible, les rotations calculées sont supérieures aux rotations observées : c'est ainsi que le calcul donne $[\alpha]_D = 97°$, alors qu'on obtient 60° dans le cyclohexane et 39° dans le benzène. *Il y a superposition à la rotation droite due à la bande cétonique d'une rotation gauche due à des bandes plus lointaines, et c'est cette dernière rotation qui varie avec la nature du solvant.*

Nous avons également étudié des solutions étendues dans l'alcool : le maximum de dichroïsme et le changement de signe de la rotation s'y pro-

(¹) *Zeits. für physikalische Chemie*, 8, 1930, p. 281.

duisent pour $\lambda_0 = 2950$ Å. Si l'on décale de 50 Å vers les grandes longueurs d'onde les courbes qu'elles fournissent, on constate qu'elles sont encore superposables aux courbes précédentes : *le seul effet du changement de solvant, dans la région d'absorption, est un déplacement d'ensemble, sans autre modification appréciable, des courbes de dichroïsme et de dispersion rotatoire.* C'est là un phénomène qui ne peut pas être interprété par la modification de la proportion de deux formes en équilibre, et qui doit certainement être rattaché à une déformation de l'ensemble des molécules.

OPTIQUE. — *Contribution à l'étude de l'effet Debye-Sears.* Note ([1]) de MM. **Josef Hrdlička, Miloslav A. Valouch** et **Ladislav Zachoval**, présentée par M. Maurice de Broglie.

On sait, que la connaissance de la répartition de l'intensité lumineuse dans les spectres de diffraction de l'effet Debye-Sears est d'une importance fondamentale pour la théorie de cet effet et ses applications (H. Bär, H. E. R. Becker, P. Bicard, R. Lucas, C. V. Raman).

Nous avons essayé d'établir une méthode et un dispositif pour l'étude systématique de ces intensités lumineuses. En nous servant de lumière monochromatique et d'un enregistrement photographique des spectres de diffraction nous avons pu utiliser la photométrie photographique pour la détermination des rapports d'intensité. Le rayonnement d'une lampe à mercure suffisamment stable a été rendu monochromatique par des écrans liquides convenables ($\lambda = 5461$ Å) et la graduation photométrique a été faite au moyen d'un système de trois polariseurs. Un collimateur envoie un faisceau de rayons parallèles issus d'une fente verticale, qui passe par une cuvette contenant la source des ondes ultrasonores et le liquide soumis à leur action. Un objectif situé derrière la cuvette donne sur une plaque photographique placée à son plan focal l'image nette des raies de diffraction. On mesure les densités des clichés au moyen d'un microphotomètre spectral pour $\lambda = 5600$ Å. Un quartz piézoélectrique sert comme émetteur des ultrasons.

Les résultats obtenus jusqu'à présent justifient l'applicabilité de notre méthode. Une partie de ces résultats concerne l'influence de la tension électrique appliquée au quartz émetteur, la fréquence des ultrasons étant

([1]) Séance du 5 octobre 1936.

constante ($N = 2,0.10^6$). Le liquide utilisé était le xylène chimiquement pur. Le tableau suivant contient les valeurs des éclairements produits par les raies de diffraction de l'ordre 0 à 2 par rapport à l'éclairement de l'image de la fente en l'absence de vibrations élastiques, en fonction de la tension électrique en volts mesurés aux bornes du cristal. On désigne par l'ordre zéro la frange centrale.

Ordre de la raie.	Tension en volts. 41.	89,7.	116,0.	154,6.	183,5.	207,0.
0.......	0,831	0,680	0,547	0,480	0,455	0,415
1.......	0,060	0,154	0,175	0,163	0,152	0,163
2.......	–	–	0,048	0,056	0,061	0,061

Les poses photographiques ont montré une symétrie satisfaisante, c'est-à-dire l'égalité des densités photographiques produites par les raies du même ordre de chaque côté de la frange centrale. Ceci nous a permis d'indiquer dans ce tableau leurs valeurs moyennes. On remarque que l'allure des valeurs correspondant au premier ordre présente une ressemblance avec les résultats de M. H. E. R. Becker (1). En ce qui concerne les ordres supérieurs, visibles sur les clichés, il est nécessaire de continuer les mesures, pour qu'on puisse être sûr de leur allure, qui paraît ne pas suivre la même loi.

Signalons enfin que nos résultats nous conduisent à étudier en détail l'influence de la position mutuelle du cristal émetteur, du plan réfléchissant et du faisceau des rayons incidents avant de poursuivre l'étude de l'influence de la tension électrique, de la fréquence, etc. En effet les valeurs des rapports lumineux sont très sensibles à ces facteurs, justement au voisinage de l'optimum, sans que la symétrie des spectres soit supprimée.

RADIOACTIVITÉ. — *Activation du thulium par les neutrons lents.* Note de MM. **Maurice Curie** et **Pierre Preiswerk**, présentée par M. Georges Urbain.

Les échantillons de thulium sont rares. Nous avons pu disposer de quelques décigrammes d'un produit renfermant environ 90 pour 100 d'oxalate de thulium, provenant du Laboratoire de M. Urbain. Cette matière contenait en outre d'autres oxalates : 5 pour 100 environ d'ytterbium,

(1) *Ann. der Phys.*, 25, 1936, p. 373.

1 pour 100 de lutécium, $<$ 2 pour 100 de dysprosium; $<$ 1 pour 100 de holmium et $<$ 1 pour 100 de terbium [1].

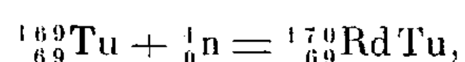
Dans l'un des essais, 190^{mg} furent irradiés pendant 3 jours avec une source de 500 millicuries de radon + Be, dans la paraffine.

L'étude au compteur de la décroissance de l'activité de cet échantillon de thulium irradié a montré deux périodes :

1° Une période courte de $3 \pm 1/2$ heures, correspondant à la plus grande partie de l'activité initiale. Cette courte période est au moins partiellement due aux impuretés, en particulier au dysprosium (période 2 1/2 heures) et à l'ytterbium (période 3 1/2 heures);

2° Une longue période de l'ordre de 8 mois, qui doit être attribuée à une réaction des neutrons sur le thulium étant donné la durée exceptionnelle de cette période. Cette activité de longue période correspondait au début de nos mesures à environ 15 coups par minute.

Il y a probablement capture selon la réaction



$$ {}^{169}_{69}\mathrm{Tu} + {}^{1}_{0}\mathrm{n} = {}^{170}_{69}\mathrm{RdTu}, $$

ce radiothulium se transformant avec émission d'un négatron en un isotope non connu de l'ytterbium ${}^{170}_{70}\mathrm{Yb}$ (peut être instable?).

La difficulté de détermination d'une aussi longue période avec l'échantillon en question réside dans le comportement du compteur. La sensibilité du compteur a été vérifiée avec un étalon; mais le compteur est devenu inutilisable au bout de 80 jours, de telle sorte qu'il n'a plus été possible de poursuivre l'étude de la décroissance dans les mêmes conditions.

La période que nous indiquons est un accord avec la longue période envisagée par E. Neuninger et E. Rona dans une publication récente [2].

Il est à remarquer que le rendement de fixation des neutrons lents par le thulium paraît être remarquablement élevé.

---

(1) Analyse faite par M. Takvorian.

(2) *Wiener, Akad. d. Wissens.*, n° 27, 1935.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Effet Raman et chimie organique : structure des oses et effet Raman.* Note [1] de M. **Joseph Wiemann**, présentée par M. Robert Lespieau.

Pour confirmer la structure des sucres synthétiques obtenus [2] j'ai essayé de m'adresser à l'effet Raman; divers auteurs, en particulier W. Kutzner [3] et Polara [4] ont fait des spectres Raman de solutions de sucres; ils ont trouvé entre 300 et 1800 cm^{-1} pour chaque composé 5 à 6 raies, mais aussi beaucoup de fond continu, qu'ils ont parfois attribué aux corps étudiés eux-mêmes. Par des purifications et des filtrations en particulier sur verre fritté et noir carboraffin, j'ai obtenu pour des concentrations de l'ordre de 30 pour 100 des spectres quasi exempts de fond continu.

Les hexites ont donné, à côté de bandes étroites, deux bandes très larges s'étendant sur plus de 100 cm^{-1}, et ne variant guère d'une hexite à l'autre; voici par exemple le spectre de la sorbite; les autres seront donnés dans un autre Recueil :

d-Sorbite : 349 ± 9 (tf), 410 ± 6 (tf), 450 ± 8 (tf), 502 ± 14 (tf), 878 ± 12 (F), **1079 ± 64 (aF)**, 1326 ± 109 (af), 1467 ± 12 (aF).

Voici maintenant les résultats pour les oses :

Xylose : 416 ± 16 (aF), 472 ± 10 (f), 509 ± 6 (af), 537 ± 8 (F), 604 ± 8 (f), 900 ± 5 (af), 943 ± 4 (tf?), 980 ± 5 (f), 1018 ± 7 (f), **1068 ± 8 (af)**, **1120 ± 8 (F)**, 1206 (tf?), 1250 ± 8 (tf), 1343 ± 7 (tf), 1372 ± 13 (tf), 1469 (f).

Glucose : 435 ± 25 (f), 519 ± 11 (f), 853 ± 10 (f), 911 ± 14 (af), 1020 ± 10 (af), **1067 ± 12 (af)**, **1145 ± 9 (aF)**, 1200 (tf), 1262 ± 8 (tf), 1373 ± 19 (f), 1464 ± 7 (m).

Sorbose : 338 ± 10 (tf), 338 ± 8 (tf), 465 ± 14 (aF), 512 ± 6 (F), 607 (tf), 821 ± 8 (af), 902 ± 8 (f), 1033 ± 12 (tf), **1071 ± 12 (aF)**, **1119 ± 19 (aF)**, 1184 ± 6 (tf), 1254 ± 6 (tf), 1319 ± 7 (tf), 1381 ± 10 (tf), 1462 ± 8 (aF).

Arabinose : 337 ± 7 (tf), 390 ± 10 (f), 435 ± 7 (f), 514 ± 10 (f), 576 ± 7 (af), 640 ± 10 (tf), 695 ± 8 (tf), 742 (tf?), 785 ± 5 (tf), 845 ± 5 (F), 872 ± 8 (F), 920 ± 3 (tf), 951 ± 5 (tf), 1006 ± 6 (F), **1070 ± 8 (aF)**, **1098 ± 14 (aF)**, 1149 ± 9 (af), 1260 ± 9 (af), 1383 (tf?), 1460 ± 7 (af).

Galactose : 351 ± 11 (f), 433 ± 8 (f), 464 ± 10 (tf), 524 ± 6 (af), 615 ± 8 (tf?), 702 ± 10 (tf), 827 ± 7 (f), 882 ± 9 (af), 950 ± 5 (f), 1018 ± 5 (f), **1075 ± 16 (m)**,

---

[1] Séance du 5 octobre 1936.

[2] *Ann. de Chimie*, 11e série, 5, 1936, p. 267.

[3] *Naturwiss.*, 20, 1932, p. 331.

[4] *Atti R. Acad. Lincei, Rend.*, 6e série, 14, 1931, p. 293.

1109 ± **16** (m), 1155 ± 15 (af), 1223 ± 11 (tf), 1265 ± 11 (af), 1363 ± 53 (tf), 1464 ± 10 (af).

Lévulose : 423 ± 7 (af), 462 ± 6 (f), 520 ± 7 (af), 625 ± 10 (m), 707 ± 7 (f), 780 ± 6 (tf), 820 ± 6 (af), 868 ± 8 (af), 921 ± 6 (f), 973 ± 9 (f), **1064** ± **11** (m), **1085** ± **10** (aF), 1146 ± 8 (f), 1184 ± 8 (f), 1269 ± 4 (aF), 1456 ± 8 (aF).

Rhamnose : 398 ± 18 (af), 455 ± 5 (af), 495 ± 10 (af), 529 ± 5 (aF), 608 ± 10 (f), 674 ± 9 (f), 836 ± 6 (aF), 870 ± 4 (af), 884 ± 4 (af), 980 ± 6 (m), 1024 ± 6 (f), **1075** ± **11** (m), **1100** ± **8** (af), **1130** ± **7** (aF), 1151 ± 9 (aF), 1263 ± 4 (f), 1331 ± 7 (af), 1375 ± 7 (m), 1457 ± 5 (F).

Mannose : 346 ± 11 (tf?), 404 ± 8 (m), 457 ± 4 (f), 490 ± 5 (af), 523 ± 8 (m), 580 ± 9 (f), 674 ± 16 (tf), 834 ± 8 (f), 881 ± 6 (af), 912 ± 5 (tf), 958 (f), 974 (f), **1065** ± **12** (aF), **1101** ± **17** (aF), **1137** ± **10** (aF), 1255 ± 19 (m), 1330 ± 16 (m), 1369 ± 16 (m), 1463 ± 7 (aF).

Les conclusions suivantes peuvent en être tirées :

1° Dans aucun de ces spectres il n'y a de raie vers 1700 cm^{-1}, raie qui correspondrait à une liaison C = O ; il n'y a donc pas de structure aldéhydique ou cétonique pour les oses en solution ; ce résultat a aussi été constaté par M. Dupont, Mme Khouvine et M. Arragon sur des dérivés tétra- et penta-méthylés du sorbose pouvant être distillés (communication verbale).

2° Dans tous ces composés nous avons des raies souvent fortes vers 500 et aussi vers 800 cm^{-1}, qui sans doute pourront être attribuées au cycle pyranique, en effet, le dioxane, par exemple, a une raie forte à 837 [1], les composés cyclohexaniques vers 800 cm^{-1}.

3° Les raies fortes vers 1050 et 1150 sont dues sans doute aux liaisons (— OH) ; nous avons, en effet, une bande très étendue pour les ites dans cette région, et pour les oses ces vibrations semblent stabilisées par la présence du cycle. Les huit sucres étudiés ont une raie forte à 1070, qui semble caractériser une de ces vibrations ; elle se déplace au plus de six unités à partir de 1070. Mais, tandis que les trois premiers ont une deuxième raie forte à 1122 (écart maximum 3 cm^{-1}), les cinq suivants ont une deuxième raie forte tout près de la première (écart au plus 7 à 8 cm^{-1}) ; or si nous considérons le cycle pyranique des premiers, nous n'y trouvons, en faisant abstraction des deux carbones voisins de l'oxygène du cycle, que des OH situés alternativement de part et d'autre du cycle, tandis que les cinq derniers sucres ont tous deux OH voisins situés du même côté du cycle ; dans les deux derniers sucres (rhamnose et mannose) nous trouvons même une troisième raie forte très proche des deux déjà citées, ce qui pourrait

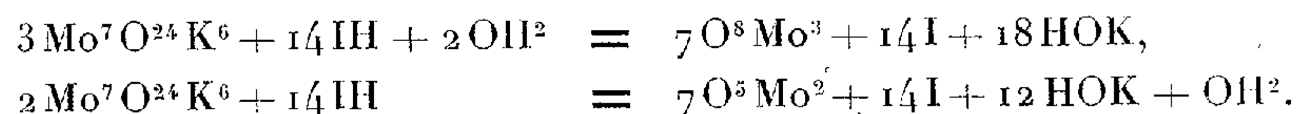
(1) Villars, *J. Ann. Chem. Soc.*, 52, 1930, p. 416.

tenir à ce que les deux OH voisins cités se trouvent à côté du carbone tertiaire, primitivement aldéhydique et qui donne la mutarotation.

L'effet Raman semble donc devoir permettre d'élucider les isoméries dans la série des glucides; ces résultats devront être évidemment étendus aux autres sucres connus, aux saccharides et hétérosides; c'est à quoi je m'emploie.

CHIMIE MINÉRALE. — *Formation des oxydes de molybdène* O^8Mo^3 *et* O^5Mo^2. Note de MM. **Émile Carrière** et **Raymond Lautié**, présentée par M. Robert Lespieau.

La réaction de l'acide iodhydrique en solution étendue, à l'ébullition, sur le paramolybdate de potassium peut être schématiquement représentée par l'une des deux équations



$$3\,Mo^7O^{24}K^6 + 14\,IH + 2\,OH^2 = 7\,O^8Mo^3 + 14\,I + 18\,HOK,$$
$$2\,Mo^7O^{24}K^6 + 14\,IH = 7\,O^5Mo^2 + 14\,I + 12\,HOK + OH^2.$$

La réduction du paramolybdate de potassium par l'acide iodhydrique en oxyde O^8Mo^3 est réalisée pour de faibles acidités globales iodhydrique et chlorhydrique, de l'ordre de 0,4 mol/g par litre. La solution est bleue, elle correspond à l'union des acides avec l'oxyde O^8Mo^3.

La réduction du paramolybdate de potassium par l'acide iodhydrique en oxyde de molybdène pentavalent O^5Mo^2 est obtenue pour des acidités globales plus fortes, de l'ordre de 1,5 mol/g par litre. Il y a en réalité formation d'un sel de molybdène pentavalent. L'ion de molybdène pentavalent colore la solution en rouge.

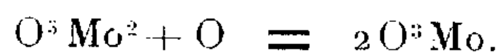
Le paramolybdate de potassium en solution est additionné d'iodure de potassium et d'acide chlorhydrique. L'iode engendré distille; il est recueilli dans une solution de bicarbonate de sodium et titré au thiosulfate de sodium. Ce dosage permet l'étude de la réaction, en connaissant les quantités de paramolybdate de potassium employées.

L'oxyde de molybdène pentavalent hydraté se sépare par addition de carbonate de potassium à la solution de sels de molybdène pentavalent; le milieu en réaction est protégé contre l'oxydation de l'air par une couche de toluène.

En partant de la solution des sels de l'oxyde O^8Mo^3, on observe que le carbonate de potassium précipite encore l'oxyde de molybdène pentavalent

hydraté. L'oxyde O^8Mo^3 apparaît comme une combinaison de O^3Mo et O^5Mo^2.

L'oxyde de molybdène pentavalent hydraté est filtré et lavé dans une atmosphère d'anhydride carbonique. Cet oxyde mis en solution dans l'acide sulfurique est dosé par une solution titrée de permanganate de potassium. Il se forme de l'acide molybdique



$$O^5Mo^2 + O = 2O^3Mo.$$

L'acide molybdique est réduit par le zinc et l'acide sulfurique en oxyde de molybdène trivalent comme l'ont reconnu Carrière et Lautié [1]. Par action de la solution titrée de permanganate de potassium, on transforme l'oxyde O^3Mo^2 en acide molybdique



$$O^3Mo^2 + 3O = 2O^3Mo.$$

On observe bien qu'il faut trois fois plus de solution de permanganate de potassium pour le second dosage que pour le premier.

L'oxyde de molybdène pentavalent hydraté peut être desséché par chauffage progressif, jusqu'à 250° au sein d'azote. La composition de l'oxyde de molybdène O^5Mo^2 a été reconnue en dissolvant dans l'acide sulfurique un poids connu de cet oxyde, que l'on dose par la solution titrée de permanganate de potassium. L'oxyde de molybdène pentavalent anhydre est transformé en chlorure de molybdène Cl^5M par action d'acide chlorhydrique gazeux, anhydre, à 200°. La composition du chlorure de molybdène pentavalent est établie à la fois par un dosage de chlore et par un dosage du molybdène pentavalent au moyen de la solution titrée de permanganate de potassium.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Les aldéhydes et la nitro-1-méthyl-2-anthraquinone.* Note [2] de MM. **Martin Battegay** et **Gérard Mangeney**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'étude de l'action des aldéhydes, en présence d'amines secondaires ou tertiaires, sur la nitro-1-méthyl-2-anthraquinone, montre que dans cette

---

(1) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1167.

(2) Séance du 12 octobre 1936.

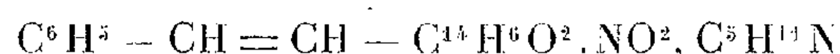
dernière le groupe méthyle réagit comme dans le 2-4-binitrotoluène (¹). Il en résulte un certain parallélisme d'influence qu'exercent, sur la réactivité du groupe méthyle, et le radical orthophtaloylène de la combinaison anthraquinonique, et le second groupe nitro introduit, en para, dans l'ortho-nitrotoluène.

Ladite méthylanthraquinone se condense, en effet, comme le binitrotoluène, avec les aldéhydes les plus divers (²). Elle fournit de façon dominante par suite de l'élimination d'une molécule d'eau, les dérivés éthyléniques correspondants



$$R.CHO + CH^3.C^{14}H^6O^2.NO^2 \rightarrow R.CH = CH.C^{14}H^6O^2.NO^2.$$

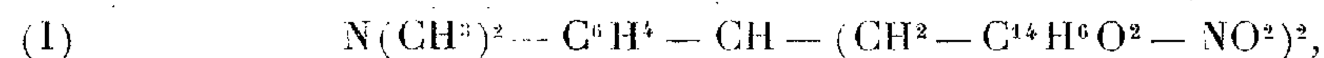
Ceux-ci, le cas échéant, par exemple, dans celui du benzaldéhyde, se combinent à l'amine condensante, la pipéridine, qui participe alors en proportion moléculaire à la réaction



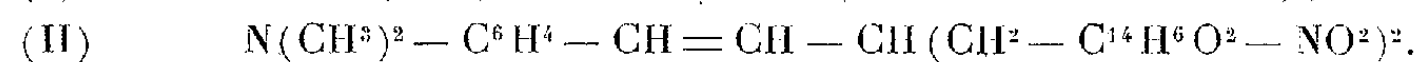
$$C^6H^5 - CH = CH - C^{14}H^6O^2.NO^2, C^5H^{11}N$$

(pour 100, N trouvé : 6,34; calculé : 6,36). L'amine ainsi fixée est, d'ailleurs, facilement séparée par action d'acide.

Certains aldéhydes, tels que les aldéhydes *p*-diméthylaminobenzoïque et *p*-diméthylaminocinnamique, fournissent, en outre, dans les mêmes conditions, de façon accessoire, avec perte d'une molécule d'eau, par suite d'une condensation avec deux équivalents de nitro-1-méthyl-2-anthraquinone des composés soit propaniques (I), soit penténiques (II).



$$(I) \quad N(CH^3)^2 - C^6H^4 - CH - (CH^2 - C^{14}H^6O^2 - NO^2)^2,$$



$$(II) \quad N(CH^3)^2 - C^6H^4 - CH = CH - CH(CH^2 - C^{14}H^6O^2 - NO^2)^2.$$

Le mode opératoire consiste à traiter, par exemple, à 110°, pendant 4 heures, 30^g de *p*-diméthylamino-benzaldéhyde et 27^g,6 de nitrométhylanthraquinone, dans 100$^{cm^3}$ de nitrobenzène, en présence de 30 gouttes de pipéridine. La condensation se contrôle facilement, au microscope, par la disparition progressive des cristaux de la nitrométhylanthraquinone.

En fin d'opération, la liqueur refroidie laisse séparer le produit de la réaction sous forme d'une masse cristalline. Celle-ci est filtrée à 70°, puis

---

(¹) THIELE et ESCALES, *Berichte d. chem. Ges.*, 34, 1901, p. 2842; PASTAK, *Bull. Soc. chim. France*, 4ᵉ série, 39, 1926, p. 72.

(²) La condensation avec les divers aldéhydes mis en œuvre fera l'objet d'une étude séparée.

essorée et épuisée à l'alcool bouillant. La partie dominante constitue un résidu insoluble qui, purifié par recristallisation dans l'anisol, fournit de fines aiguilles noires (12^g) fondant à 290°. Les propriétés et le dosage d'azote (pour 100, N trouvé : 6,98; calculé : 7,04) répondent au composé $N(CH^3)^2C^6H^4.CH=CH.C^{14}H^6O^2.NO^2$. Il se dissout facilement dans l'anisol, le nitrobenzène, la quinoléine et la pyridine avec une coloration violette. L'acide sulfurique fumant (à 20 pour 100 de SO^3) donne une solution qui, au début, violet intense, vire rapidement au rouge carmin. L'acide sulfurique à 96 pour 100 produit une liqueur rouge carmin. Celle-ci, diluée d'eau, devient jaune et précipite des flocons du sulfate de même couleur; l'addition d'ammoniaque régénère la base violet noir. L'hydrosulfite et l'alcali créent une cuve rouge. Les sulfures alcalins produisent en milieu aqueux, à chaud, l'amine correspondante (pour 100, N trouvé : 7,32; calculé : 7,60), ce que le dérivé monobenzoylé permet de vérifier (pour 100, N trouvé : 5,94; calculé : 5,93).

Le produit de départ, dissous dans le nitrobenzène, réagit instantanément, déjà à froid, avec le brome; la liqueur violette devient jaune et fixe, conformément à la présence du groupe éthylénique, deux atomes de brome (pour 100, Br trouvé : 29,38; calculé : 28,68).

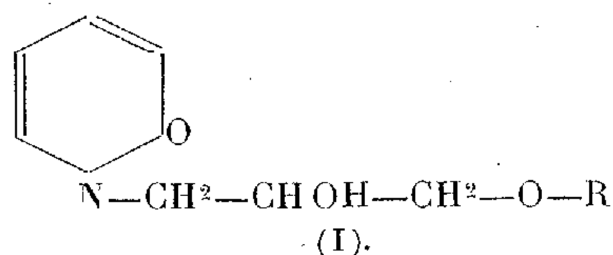
Pour en revenir à l'épuisement mentionné plus haut, de la masse de réaction brute, au moyen de l'alcool bouillant, la liqueur obtenue dépose, après concentration, $1^g,3$ d'aiguilles brun foncé fondant à 269°. Il s'agit du produit de condensation propanique $N(CH^3)^2.C^6H^4.CH<(CH^2-C^{14}H^6O^2.NO^2)^2$, qui, inerte vis-à-vis du brome à froid (pour 100, N trouvé : 6,14; calculé : 6,31), laisse réduire ses deux groupes nitro en groupes amines par le sulfure de sodium (pour 100, N trouvé : 6,83; calculé : 6,94).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur une nouvelle série d'α-pyridones N-hydroxyalcoxylées.* Note de M. **J. A. Gautier**, présentée par M. Auguste Béhal.

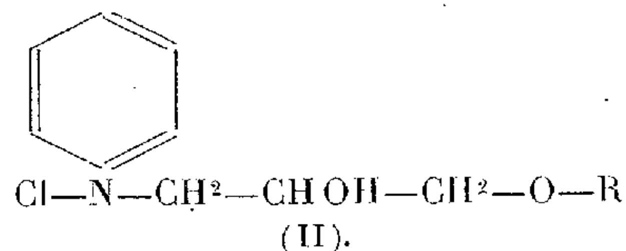
Dans le but d'apporter une contribution à l'étude des dérivés pyridoniques, j'ai préparé des α-pyridones substituées à l'azote par des groupements complexes et j'ai fait connaître des α-pyridones à fonction alcoolique (¹). La présente Note se rapporte à une série d'α-pyridones

(¹) *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1124, et **198**, 1934, p. 1430.

portant à l'azote la fonction éther-oxyde de glycol, et répondant à la formule générale (I), dans laquelle R désigne un radical alcoylé :



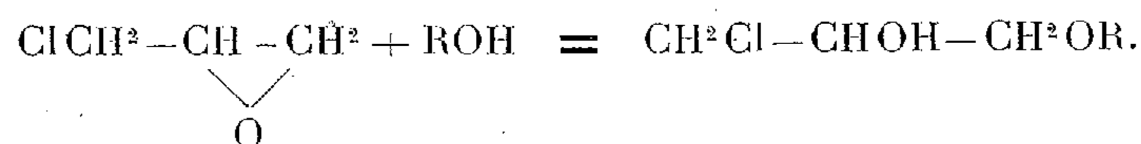
(I).



(II).

La méthode de synthèse utilisée comporte les étapes suivantes : obtention des chlorhydrines à fonction éther-oxyde de glycol, de formule générale $ClCH^2—CHOH—CH^2OR$, par action de l'épichlorhydrine du glycérol sur les alcools primaires; condensation de ces chlorhydrines avec la pyridine; transformation des sels de pyridinium quaternaires (II) ainsi obtenus en α-pyridones (I) par l'action oxydante de $Fe(CN)^6K^3$. Ces α-pyridones ont été caractérisées par l'analyse, leurs réactions colorées et les dérivés de leur fonction alcool secondaire (phényluréthanes, esters benzoïques).

La condensation de l'épichlorhydrine avec les alcools primaires a été conduite par la méthode de Fourneau et Ribas (1); l'épichlorhydrine réagit avec l'alcool primaire ROH en présence de SO^4H^2 d'après l'équation globale



Les alcools suivants ont été mis en œuvre : C^2H^5OH, nC^3H^7OH, nC^4H^9OH, *iso*-$C^5H^{11}OH$. La réaction est très régulière et donne, avec un rendement variant de 60 à 90 pour 100, les quatre chlorhydrines attendues. Celles-ci constituent des liquides distillables dans le vide sans décomposition; la chlorhydrine $CH^2Cl—CHOH—CH^2—O—C^3H^7$, seul terme dont je n'ai pas rencontré la description dans la littérature, bout à 89° sous 13^{mm}.

La condensation de ces chlorhydrines avec la pyridine sèche se fait par chauffage d'une vingtaine d'heures à une température un peu inférieure à l'ébullition. Elle s'accompagne, malgré les précautions prises (température aussi basse que possible, atmosphère d'azote), d'un brunissement sensible de la masse qui devient, en fin de réaction, insoluble dans l'éther. La tendance à la résinification des chlorures quaternaires formés paraît donc

(1) *Bulletin de la Société chimique de France*, 39, 1926, p. 698 et 1584.

supérieure à celle des termes que j'ai antérieurement décrits; toutefois je n'ai jamais constaté ici de décomposition par arrachement de ClH et transformation de la chlorhydrine en aldéhyde ou cétone. Les chlorhydrates obtenus, extrêmement hygroscopiques, sont très difficilement isolables à l'état cristallisé. Dans l'oxydation finale à l'aide de $Fe(CN)^6K^3$ conformément à la technique de Decker ([1]), il est expédient d'opérer sur le produit brut de l'opération précédente. Le ferricyanure est employé en quantité théorique et son mélange avec le chlorhydrate brut dissous dans l'eau est traité par un excès de HONa selon la technique que j'ai décrite ([2]). Il est important d'éviter toute élévation de température. Les pyridones, peu solubles, se séparent partiellement à la surface du liquide aqueux, le résidu en est extrait par $CHCl^3$ ou C^6H^6. Après élimination du solvant, les pyridones brutes sont distillées dans le vide; elles constituent alors des huiles faiblement colorées en jaune, distillables sans décomposition sous basse pression. Les rendements s'établissent aux environs de 50 pour 100 en produit brut, à partir des chlorhydrines originelles.

Les α-pyridones obtenues sont peu solubles dans l'eau où la solubilité décroît régulièrement avec l'alourdissement du radical de l'alcoxy. Peu solubles dans l'éther, elles se dissolvent dans les autres solvants organiques. Leur basicité est faible; leurs chlorhydrates (hygroscopiques), perchlorates, picrates demeurent inscristallisés. Par contre leur fonction alcool secondaire donne des dérivés : esters benzoïques, phényluréthanes, dont la cristallisation est toujours pénible, parfois impossible; j'ai dû en isoler certains sous forme de perchlorates.

Ces α-pyridones brunissent rapidement au simple contact de l'oxygène atmosphérique, à froid, et doivent être conservées en tube scellé; elles donnent la réaction spécifique suivante : coloration rouge par Cl^3Fe virant au vert par H^2O^2.

Voici les constantes des quatre pyridones préparées :

N (éthoxy-3 propanol-2) α-pyridone (E_{11} = 186°), phényluréthane (F. 117°).
N (*n*-propyloxy-3 propanol-2) α-pyridone (E_{17} = 200°), phényluréthane (F. 115°).
N (*n*-butyloxy-3 propanol-2) α-pyridone (E_{12} = 195-197°), phényluréthane (F. 98°).
N (*iso*-amyloxy-3 propanol-2) pyridone (E_{12} = 211-213°), phényluréthane (F. 126°).

([1]) *J. prakt. Chem.*, 47, 1893, p. 29.
([2]) *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1124.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Transposition moléculaire en série cyclanique. Isomérisation des époxydes dérivés du benzyl-1 méthyl-4 cyclohexène-1 et du benzylidène-1 méthyl-4 cyclohexane.* Note de M. **Marc Tiffeneau** et M[lle] **J. Gutman**, présentée par M. Auguste Béhal.

Malgré les modifications parfois profondes qu'ils apportent dans la structure chimique, les phénomènes de transposition moléculaire sont pour la plupart parfaitement codifiés; aussi peut-on, si paradoxal que cela puisse paraître, recourir dans certains cas à ces phénomènes pour fixer la constitution chimique. En série cyclanique notamment, on peut reconnaître si une double liaison est nucléaire ou extranucléaire en examinant les produits fournis par l'isomérisation des époxydes qui résultent de l'oxydation perbenzoïque de cette liaison. Nous avons montré en effet que le benzylcyclohexène et le benzylidène cyclohexane, qui diffèrent par leur liaison éthylénique, extranucléaire dans l'un et nucléaire dans l'autre, fournissent des époxydes qui se distinguent par leurs produits d'isomérisation : benzylcyclohexanone dans le premier cas (1) et phényl-cyclohexylformaldéhyde dans le second cas (2).

Nous exposons dans cette Note un cas plus complexe, celui de deux dérivés paraméthylés des carbures ci-dessus : le benzyl-1 méthyl-4 cyclohexène-1 ($Éb_{15}$: 133°) et le benzylidène-1 méthyl-4 cyclohexane ($Éb_{15}$: 136-137°) qui proviennent de la déshydratation catalytique sur Al^2O^3 à 300-320° du benzyl-1 méthyl-4 cyclohexanol-1 ($Éb_{15}$: 157-158°) pour le premier et du phényl *p*-méthylcyclohexylcarbinol ($Éb_{15}$: 165-166°) pour le second. Or, tandis que la constitution du premier carbure ne donne lieu à aucune discussion, celle du second comporte un doute, car d'après Auwers (3), dont les conclusions sont d'ailleurs discutées (4), on peut supposer que, dans la déshydratation du phényl *p*-méthylcyclohexylcarbinol, il y aurait, du moins avec certains réactifs, formation prépondérante du benzyl-1 méthyl-4 cyclohexène-1 qui résulterait de l'isomérisation du benzylidène-1 méthyl-4 cyclohexane initialement formé.

L'étude des produits d'isomérisation des époxydes obtenus par oxydation perbenzoïque de ces deux carbures (voir les 4 groupes de schémas ci-après) permet de trancher la question.

I. *Benzyl-1 méthyl-4 cyclohexène-1.* — L'isomérisation de l'époxyde

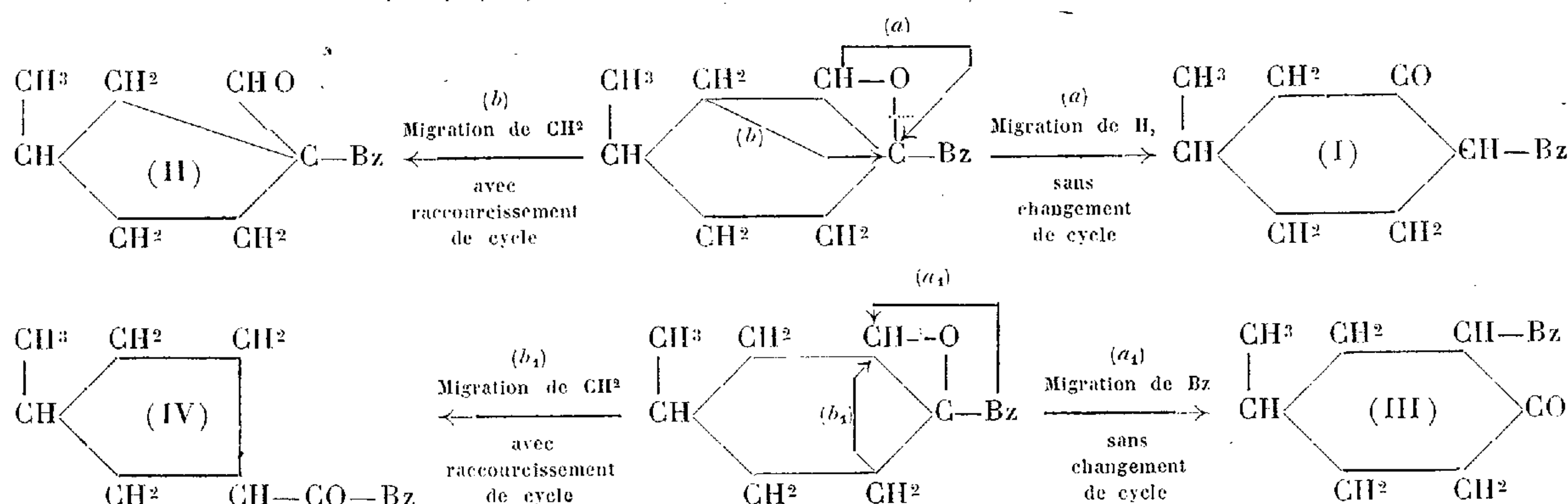
(1) Tiffeneau et Porcher, *Bull. Soc. chim.*, **31**, 1922, p. 333. Cette cétone est probablement accompagnée d'un peu de benzylcyclopentylformaldéhyde.

(2) M. Tiffeneau, P. Weill, B. Tchoubar et J. Gutman, *Comptes rendus*, **201**, 1935, p. 277.

(3) *Ber. d. chem. Ges.*, **48**, 1915, p. 1207; **68**, 1935, p. 2174.

(4) Tiffeneau, *Bull. Soc. chim.*, 6e série, **3**, 1936, p. 1964.

(Éb$_{18}$: 151-152°) formé à partir de ce carbure peut conduire à quatre produits différents [(I) à (IV)], suivant que la rupture de l'oxygène pontal se produit à droite, avec obtention de (I) (*a*) et de II (*b*), ou à gauche avec obtention de (III) (a_1) et de (IV) (b_1). Dans ces schémas Bz = benzyle.



L'expérience montre qu'il se forme exclusivement les produits (I) (semicarbazone F. 179°) et (II) (acide correspondant F. 98-99°), le premier étant nettement prépondérant (3 fois plus que le second). On peut en conclure que la rupture de l'oxygène pontal s'est produite exclusivement à droite, c'est-à-dire du côté du carbone bisubstitué porteur du radical benzyle, et que cette rupture a été suivie d'une double migration, l'une prépondérante concerne le radical benzyle, ce qui n'entraîne aucune modification du cycle (formation de benzyl-1 méthyl-4 cyclohexanone-2) (I), l'autre concerne un CH^2 nucléaire, d'où raccourcissement de cycle par transposition semi-hydrobenzoïnique et formation de benzyl-1 méthyl-3 cyclopentylformaldéhyde-1 (II).

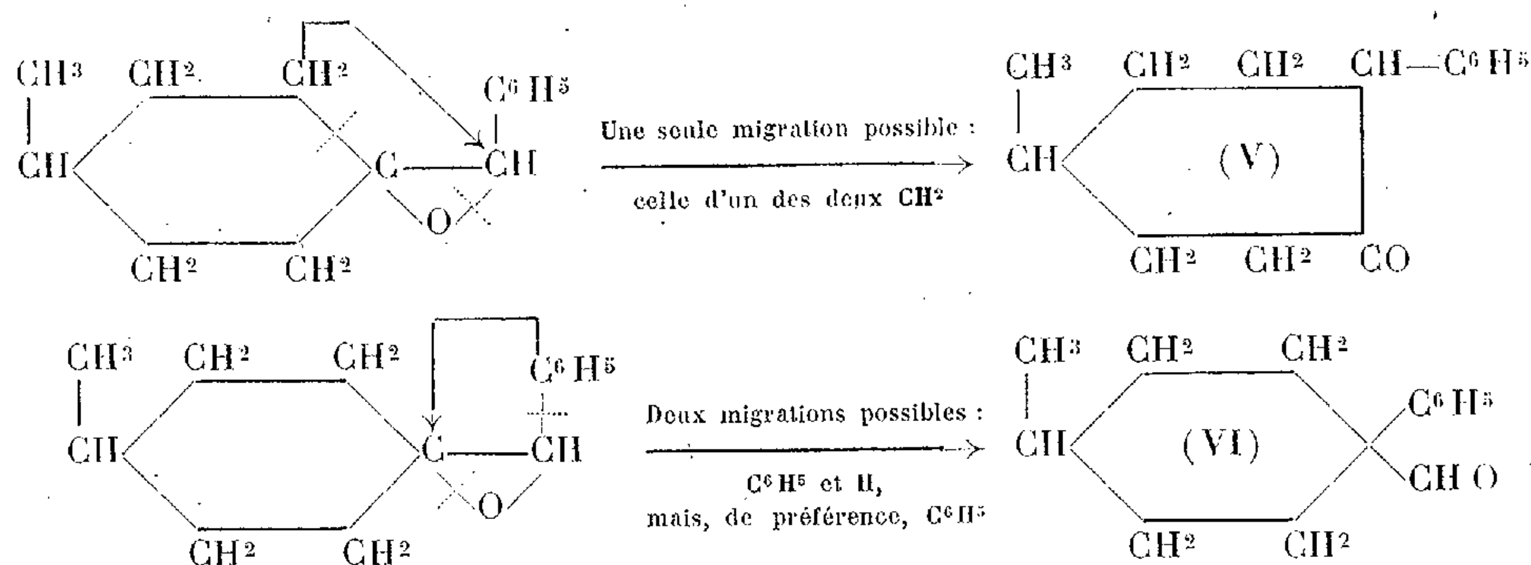
La cétone (I) a été identifiée directement avec le produit de benzylation de la méta-méthyl-cyclohexanone. Les cétones (III) et (IV) ont été préparées synthétiquement l'une (III), semicarbazone F. 145-146°, par benzylation de la *p*-méthylcyclohexanone, l'autre (IV) (Éb$_{20}$ = 162°; oxime F. 53°) par action de $ClMgCH^2C^6H^5$ sur la chloro-6 méthyl-3 cyclohexanone *trans*, avec raccourcissement de cycle.

II. *Benzylidène-1 méthyl-4 cyclohexane*. — L'époxyde correspondant (Éb$_{20}$ = 153-154°) ne peut fournir par isomérisation que deux produits : un aldéhyde sans changement de cycle et une cétone, la phényl-2 méthyl-5 cycloheptanone-1, avec extension de cycle.

L'expérience montre que, de ces deux produits, c'est seulement (VI) qui se forme (l'acide correspondant fond à 165-166°); il s'ensuit que la rupture de l'oxygène pontal a eu lieu exclusivement à gauche c'est-à-dire du côté du carbone cyclanique bisubstitué [1]. On constate toutefois qu'il se forme accessoirement une petite quantité

(1) Il est probable qu'en remplaçant C^6H^5 par un anisyle, la rupture de l'oxygène pontal aurait lieu à droite (VI), comme nous l'avons constaté antérieurement pour l'isomérisation de l'époxyde dérivé de l'homologue inférieur (*loc. cit.*, note (2), page 797).

de la cétone (I) (semicarbazone F. 179°) qui correspond à l'autre carbure. Cette présence de la cétone (I) prouve d'une manière irréfutable que le carbure initial renferme une petite quantité de benzyl-1 méthyl-4 cyclohexène ([1]), vraisemblablement formé par isomérisation du produit principal de la réaction génératrice, à savoir le benzylidène-1 méthyl-4 cyclohexane.

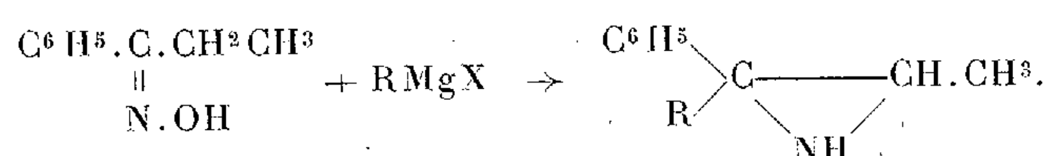


Conclusions. — 1° Dans l'isomérisation catalytique des époxydes dérivés du benzyl-1 méthyl-4 cyclohexène-1 et du benzylidène-1 méthyl-4 cyclohexane la rupture de l'oxygène pontal a lieu exclusivement du côté du carbone bisubstitué.

2° La déshydration du méthyl-4 cyclohexylphénylcarbinol par catalyse sur Al^2O^3 à 300-320° sous 15^{mm} fournit, à côté du produit principal, le benzylidène-1 méthyl-4 cyclohexane, son produit d'isomérisation par déplacement de la double liaison, le benzyl-1 méthyl-4 cyclohexène-1.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action des organomagnésiens sur les cétoximes.* Note de M. **Joseph Hoch**, présentée par M. Marcel Delépine.

J'ai montré ([2]) que la propiophénonoxime traitée par des organomagnésiens donne des composés iminoéthyléniques,



Depuis j'ai constaté, qu'en faisant agir ces mêmes réactifs sur l'oxime

([1]) Le carbure décrit par Tiffeneau et Porcher (*loc. cit.*) est donc le benzylidène-1 méthylcyclohexane et non le benzyl 1-méthyl-4 cyclohexène-1.

([2]) *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 1865.

de la benzophénone (P. F. 143°) on obtient des résultats tout à fait différents. En étudiant l'action du CH^3MgI, C^2H^5MgBr, C^6H^5MgBr l'*o*- et *p*- $CH^3OC^6H^4MgBr$ et celle du $C^6H^5CH^2, CH^2MgBr$ sur l'oxime précitée, j'ai trouvé que le produit principal de la réaction est toujours l'imine de la benzophénone $(C^6H^5)^2C=NH$ (rendement de 5 à 60 pour 100).

Ce composé a été identifié dans tous les cas par sa phénylurée



$$(C^6H^5)^2C=N.CO.NH.C^6H^5,$$

P. F. 165°, sa transformation par hydrolyse en benzophénone P. F. 48° et aussi par le fait que traité par NH^2OH il donne l'oxime de la benzophénone.

CH^3MgI ne donne pas de l'imine de la benzophénone après une heure de chauffage à 100°, mais : I, une substance basique jaune P. F. 210° répondant à la formule $(C^{14}H^{11}N)^2$; II, de l'acétophénone P. E. 90-100° 20^{mm} (oxime P. F. 58°, semi-carbazone P. F. 202°); III, de l'aniline (dérivé benzoylé P. F. 162°, phénylurée P. F. 232°); IV, une trace d'anile de la benzophénone $(C^6H^5)^2C=N.C^6H^5$ P. F. 112°; V, une quantité notable de matière première restée inaltérée.

CH^3MgI fournit encore, à côté de l'imine de la benzophénone, après 4 heures de chauffage à 100° : I, de l'anile de la benzophénone (en quantité bien plus élevée que dans le cas précédent); II, de l'acétophénone. Je n'ai pu isoler ni le produit jaune P. F. 210° ni l'aniline. C^2H^5MgBr donne encore : 1° de l'aniline de la benzophénone; 2° de la propiophénone P. E. 95-105° à 20^{mm} : C^6H^5MgBr donne encore : de N (*o*-phénylbenzhydryl) aniline P. F. 144° $(C^6H^5.C^6H^4)(C^6H^5)CH.NH.C^6H^5$ (identifiée par synthèse d'après Gilman [1]).

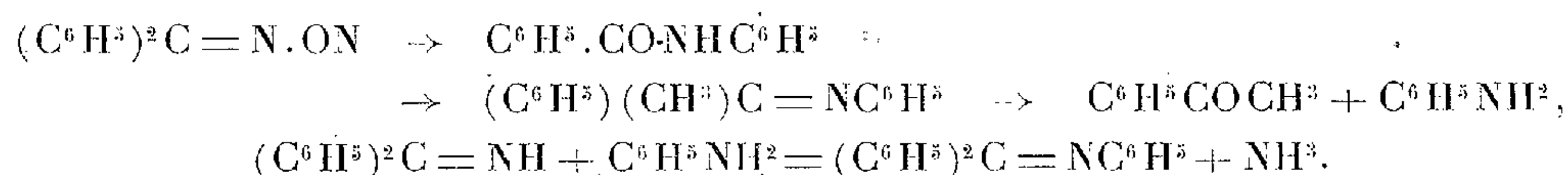
Par suite de la difficulté avec laquelle ces produits réagissent l'un sur l'autre, j'ai dû effectuer ces réactions à 100° et employer 5^{mol} du réactif magnésien par molécule d'oxime.

La formation de l'imine de la benzophénone, comme produit principal, quel que soit l'organomagnésien mis en œuvre, pourrait s'expliquer par un simple phénomène de réduction. L'étude de l'action de CH^3MgI a montré cependant qu'en réalité le mécanisme de ces réactions doit être plus complexe. Le fait que, lors de la condensation de la benzophénonoxime avec

(1) *Journ. Amer. Chem. Soc.*, 51, 1929, p. 2252.

CH^3MgI par chauffage prolongé, le corps jaune P. F. 210° n'apparaît plus, permet de supposer qu'il est transformé en benzophénonimine. Je n'ai pu isoler que de faibles quantités de ce composé, de sorte que je n'ai pu continuer son étude. Néanmoins sa présence permet, semble-t-il, d'écarter l'hypothèse d'un simple phénomène de réduction.

La formation de l'acétophénone, de l'aniline et celle de l'anile de la benzophénone dans le premier cas s'explique par la transposition de Beckmann sous l'influence de CH^3MgI. (Une petite partie de la matière première subit peut-être cette transposition lors de sa préparation ou de sa conservation.) $(C^6H^5)^2C=N.OH$ donnerait ainsi $C^6H^5CONHC^6H^5$ qui, avec un excès de CH^3MgI, conduirait à l'anile de l'acétophénone ([1]) lequel très instable vis-à-vis des acides se scinderait en acétophénone et aniline au cours des traitements auxquels on soumet les produits de la réaction. En distillant l'imine de la benzophénone en présence de l'aniline, ces corps se condensent en anile de la benzophénone avec dégagement de NH^3



$$(C^6H^5)^2C=N.ON \rightarrow C^6H^5.CONHC^6H^5$$
$$\rightarrow (C^6H^5)(CH^3)C=NC^6H^5 \rightarrow C^6H^5COCH^3+C^6H^5NH^2,$$
$$(C^6H^5)^2C=NH+C^6H^5NH^2=(C^6H^5)^2C=NC^6H^5+NH^3.$$

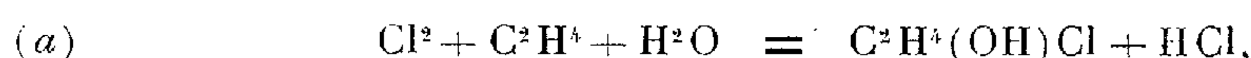
Dans le premier cas, l'aniline se trouvant en excès par rapport à l'imine de la benzophénone, celle-ci se retrouve parmi les produits de la réaction. Après un chauffage prolongé, c'est l'imine de la benzophénone qui se trouve en excès et c'est pourquoi on ne retrouve plus dans ce cas d'aniline, mais une quantité d'anile plus élevée. La propiophénone et l'anile de la benzophénone se forment d'une façon analogue au cours de l'action de C^2H^5MgBr sur $(C^6H^5)^2C=N.OH$.

La provenance de N(*o*-phénylbenzhydryl) aniline [C^6H^5MgBr sur $(C^6H^5)^2C=N.OH$] s'explique également en admettant la formation de $C^6H^5CONHC^6H^5$. Cette hypothèse est vérifiée par le fait que l'action de C^6H^5MgBr (5 mol) sur $C^6H^5CONHC^6H^5$ à 100° conduit, à côté d'autres produits, avec un rendement notable à ce même composé.

([1]) Mlle Montagne, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1165.

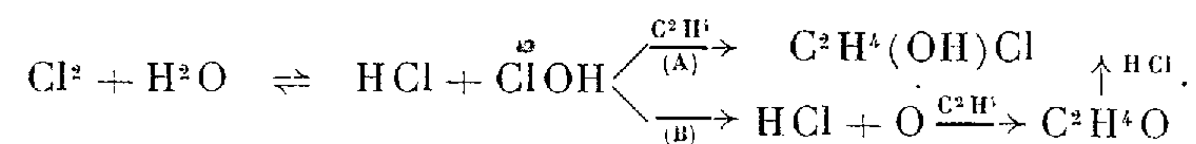
CHIMIE ORGANIQUE. — *Remarques relatives au mécanisme de formation des monochlorhydrines de glycols.* Note de MM. **Henri Moureu** et **Maurice Dodé**, présentée par M. Marcel Delépine.

On sait que l'action simultanée du chlore et de l'eau sur l'éthylène conduit à la monochlorhydrine du glycol, composé dont l'importance technique est devenue considérable. La réaction globale



$$(a) \qquad Cl^2 + C^2H^4 + H^2O \;=\; C^2H^4(OH)Cl + HCl,$$

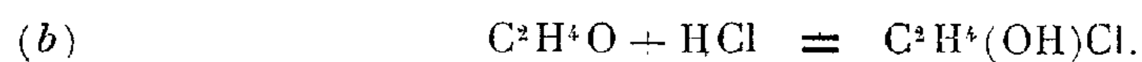
étudiée d'une manière approfondie par Gomberg [1], a donc fait l'objet de maintes discussions d'où il ressort que l'élément actif intermédiaire doit être l'acide hypochloreux ClOH. Le mécanisme (a) de la transformation procéderait donc de l'union pure et simple de ce dernier avec l'éthylène



$$Cl^2 + H^2O \rightleftharpoons HCl + ClOH \begin{cases} \xrightarrow[(A)]{C^2H^4} C^2H^4(OH)Cl \\ \xrightarrow[(B)]{} HCl + O \xrightarrow{C^2H^4} C^2H^4O \end{cases} \uparrow HCl.$$

Mais on a proposé une seconde interprétation basée elle-même sur des arguments sérieux : d'après Frahm [2] le processus (b) des réactions ferait intervenir l'oxyde d'éthylène, dont la formation intermédiaire résulterait de l'oxydation de l'éthylène par l'oxygène issu de la décomposition de l'acide ClOH. L'excès d'acide HCl libéré simultanément réagirait aussitôt sur l'oxyde d'éthylène en donnant la chlorhydrine.

Nos expériences ne confirment pas une telle interprétation. S'il est exact, en effet, que l'oxyde d'éthylène joue un rôle dans le mécanisme des réactions, la vitesse de la transformation globale (a) doit dépendre essentiellement de celle de la réaction (b)



$$(b) \qquad C^2H^4O + HCl \;=\; C^2H^4(OH)Cl.$$

Il convient donc, en premier lieu, d'essayer de comparer entre elles ces vitesses.

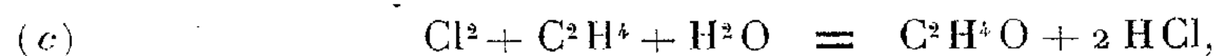
Nous avons établi, à cet effet, que la vitesse d'absorption de l'éthylène à 0°, en présence d'une masse d'eau de 1000^{cm^3} vigoureusement agitée et recevant à chaque instant la quantité de chlore suffisante pour que la réaction (a)

---

(1) *J. Am. Chem. Soc.*, 41, 1919, p. 1417.

(2) *R. Tr. Chim. Pays-Bas*, 50, 1931, p. 261.

s'effectue sans qu'il apparaisse de bichlorure d'éthylène, était sensiblement constante pendant la majeure partie de la réaction, et voisine de 3 litres à l'heure; ceci peut libérer au total dans la solution 200 millimoles environ d'acide HCl en une heure si l'oxyde d'éthylène se forme intermédiairement



$$(c) \qquad Cl^2 + C^2H^4 + H^2O = C^2H^4O + 2\,HCl,$$

la moitié de l'acide libéré devant disparaître aussitôt suivant la réaction (*b*).

Nous avons mesuré en outre l'évolution de l'acidité d'une solution étendue (1000^{cm^3} N/10) d'acide HCl dans laquelle on a dissous une petite quantité d'oxyde d'éthylène (N/20), ce qui réalise approximativement les conditions expérimentales atteintes en une heure dans l'étude précédente. L'expérience montre alors qu'à 0° il ne disparaît que 5 millimoles d'acide HCl en 1 heure. Comme on a vu plus haut qu'il devrait en disparaître 100 dans le même temps, on voit que la vitesse de la réaction (*b*) est, aux faibles concentrations, peu élevée à côté de celle de la réaction globale (*a*). Ces vitesses n'atteignent le même ordre de grandeur que pour des solutions plus concentrées (2N/5 en HCl; N/5 en oxyde d'éthylène), concentrations en acide HCl qui ne se trouvent réalisées dans la réaction directe de l'éthylène sur le chlore et l'eau qu'au bout de quelques heures seulement.

Il en résulte immédiatement que, pendant toute la période intermédiaire durant laquelle la vitesse de la réaction (*b*) est inférieure à celle de la transformation globale (*a*), il devrait exister en solution de l'oxyde d'éthylène libre, et, par suite, un excès correspondant d'acide HCl dû à la prédominance de la réaction (*c*).

L'expérience ne confirme pas ces conclusions; les essais effectués ont en effet montré que la quantité d'acide HCl libérée par l'absorption de chaque molécule d'éthylène n'est à aucun moment supérieure à 1^{mol}, ce qui est en accord avec le processus (A) de réactions, mais en opposition avec le mécanisme (B). L'oxyde d'éthylène, tout au moins sous sa forme ordinaire non activée, ne semble donc pas être un intermédiaire de la transformation (*a*).

L'étude du mécanisme précédent nous a conduit également à observer une anomalie curieuse qu'il convient de signaler. Si l'on compare entre elles les vitesses de réaction des homologues de l'éthylène avec le chlore et l'eau, on constate que ces vitesses sont du même ordre de grandeur que pour l'éthylène lui-même avec le propène $CH^3 - CH = CH^2$, le butène-1, $CH^3 - CH^2 - CH = CH^2$ et l'isobutylène $(CH^3)^2C = CH^2$. Avec le

butène-2, $CH^3 - CH = CH - CH^3$, par contre, la vitesse de formation de la chlorhydrine est au moins vingt fois plus faible.

Pour interpréter ce résultat il nous a semblé que l'on était en droit de supposer que la réaction du carbure éthylénique avec l'acide ClOH n'avait pas lieu entre molécules simples mais entre molécules ionisées.

On voit en effet que les carbures dont la vitesse d'absorption est notable et du même ordre de grandeur, possèdent tous un même groupement commun $> C = CH^2$, tandis que le seul carbure qui ne le présente pas (butène-2) est aussi celui dont la vitesse de réaction est de beaucoup la plus faible.

Il est donc probable que la réactivité comparable des carbures porteurs du groupement $> C = CH^2$ provient du fait que celui-ci subit une même ionisation préalable au contact du milieu polaire où il se trouve, ionisation que Lowry (1) représente pour l'éthylène par le schéma $^+CH^2 - CH^{2-}$. On conçoit très bien, d'autre part, que, pour un groupement $-CH = CH-$, tel qu'il existe chez le butène-2, l'ionisation puisse être beaucoup moins prononcée, en raison de la présence de substituants méthylés sur les deux atomes de carbone de la liaison éthylénique, ce qui rendrait compte de la différence que l'on observe dans les vitesses de réaction.

GÉOCHIMIE. — *Sur la teneur en deutérium des hydrocarbures légers de pétroles d'origines diverses.* Note de M. **Alfred Maillard** (2), présentée par M. Georges Urbain.

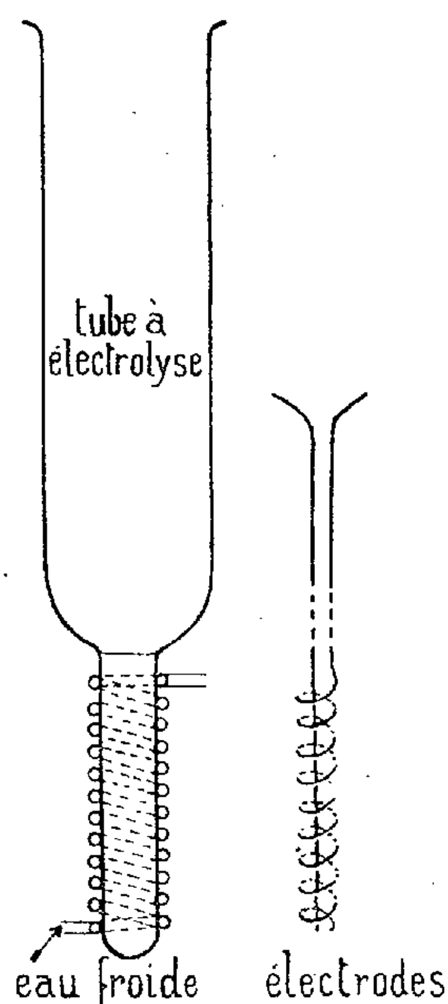
On sait que des eaux de provenances diverses peuvent être plus ou moins riches en deutérium (3); en particulier, pour ce qui concerne les eaux de source des terrains pétrolifères, Titani et Okabé (4) ont montré que celles-ci peuvent être de composition différente de celle de l'eau ordinaire; cependant ces auteurs attribuent cette différence à la nature du sol.

Un travail sur la teneur en deutérium de l'eau de combustion du pétrole lui-même a été publié par Filippova (5), qui a réalisé la combustion dans une bombe calorimétrique et fait une analyse interférométrique de l'eau formée. Les résultats obtenus sont peut nets et incertains.

---

(1) *Bull. Soc. Chim.*, 39, 1926, p. 19.
(2) Avec la collaboration expérimentale de M. G. Varga.
(3) Ballard et White, *Phys. Rev.*, 43, 1933, p. 941.
(4) *Bull. Soc. Chim. Japan*, 10, 1935, p. 259.
(5) *Centrabl.*, 1936, (I), p. 493,

Nous avons entrepris le dosage du deutérium dans des pétroles d'origines différentes, sûres, en les brûlant en quantités assez grandes pour que le dosage de l'eau lourde dans l'eau concentrée par électrolyse soit suffisamment précis. Pour obtenir ces fortes quantités d'eau nous avons, après différents essais, écarté les combustions en tube et avec brûleurs à mèche, beaucoup trop lentes (il eut fallu 100 jours pour obtenir 25^l d'eau),



pour nous arrêter à un procédé beaucoup plus rapide : la combustion dans un moteur à explosions, avec condensation de l'eau des gaz d'échappement au moyen d'un serpentin énergiquement refroidi.

L'eau ainsi obtenue est filtrée, distillée dans un ballon ordinaire, puis redistillée sur du permanganate de potassium, dans un ballon en verre de silice spécialement construit à cette effet, opération courante dans la préparation de l'eau de conductivité.

La concentration par électrolyse est effectuée à partir de 20^l d'eau d'abord en courant alternatif jusqu'à une réduction au $1/400^e$ du volume de départ, puis en courant continu, sous 15 volts, avec une concentration initiale de soude de 5 pour 100, dans un appareil construit à cet effet (voir figure). Le volume final de l'eau concentrée et redistillée est de 5^{cm^3}; c'est sur cette eau que nous avons fait les déterminations de l'indice de réfraction et de la température de congélation.

Pour avoir un terme de comparaison nous avons fait subir un traitement identique à 20[l] d'eau de conductivité obtenue à partir de l'eau de conduite.

Voici les résultats relatifs à deux essences, l'une d'origine alsacienne, l'autre provenant du Pérou.

Origine de l'eau.	P. F.	n^D_{20}.	D^2O pour 100 calculé à partir du P. F.	de l'indice n^D_{20}.
Essence de Pechelbronn	2°,03	1,3306	52,8	50,9
Essence du Pérou	1,53	1,3312	40,2	38,1
Eau de conduite	1,01	1,3318	26,3	25,4

Les nombres traduisant la teneur en eau lourde obtenus à partir de la température de fusion nous semblent plus sûrs par suite de la précision plus grande de la détermination à partir du point de fusion (erreur de l'ordre de 0,5 pour 100 alors que celle par l'indice de réfraction est de l'ordre de 4 pour 100).

En admettant pour l'eau ordinaire une teneur en D^2O de 1/4000[e], on voit que notre procédé d'électrolyse rapide conduit à un rendement de 25 pour 100. Si on admet de plus le même rendement pour toutes les opérations, on trouve pour les eaux provenant des essences des teneurs en D^2O de 1/1920[e] pour l'eau de l'essence de Pechelbronn et de 1/2500[e] pour l'eau provenant de l'essence du Pérou. La richesse de ces eaux en deutérium est donc voisine du double de celle de l'eau ordinaire. [Ce n'est pas le cas de l'eau de combustion de la houille (1).]

Le calcul de la teneur en deutérium de l'essence, en tenant compte de la densité et de la composition, conduit aux valeurs suivantes : 0,94 pour 1000 pour l'essence de Pechelbronn et 0,72 pour 1000 pour celle du Pérou.

On voit donc que la teneur en deutérium des hydrocarbures naturels varie avec leur origine. Des essais ultérieurs montreront jusqu'à quel point la connaissance de cette teneur pourra devenir un élément de caractérisation de l'origine d'une huile minérale. Il est montré dès à présent que l'eau de combustion de certains pétroles peut constituer un produit de départ utile pour la fabrication de l'eau lourde.

---

(1) Simek et Stadler, *Mitt. Kohlenforsch. Inst. Prag.*, 2, 1935, p. 317.

GÉOLOGIE. — *Sur l'origine syntectonique des conglomérats et brèches calcaires du Nord-Ouest du Tonkin.* Note (¹) de M. **Jacques Fromaget**, présentée par M. Charles Jacob.

Il s'agit en l'espèce des conglomérats calcaires, signalés par G. Zeil et surtout par L. Dussault (²), qui s'intercalent sporadiquement, mais parfois sur de grandes étendues, dans le Terrain Rouge norien; on les connaît depuis le plateau de Na Lou Thang à la frontière du Yunnan jusque non loin du littoral du Golfe du Tonkin, où ils accompagnent de près ou d'un peu plus loin la nappe de la Rivière Noire sur toute sa longueur.

Lorsqu'on essaie de suivre ces formations calcaires du Sud au Nord et aussi d'Est en Ouest, on observe ce qui suit en différents points :

a. À Pa Ma sur la Rivière Noire, des poudingues calcaires viennent s'intercaler dans le Terrain Rouge sur une faible épaisseur à un niveau un peu inférieur au calcaire à *Montlivautia norica* du Norien inférieur et un peu supérieur aux poudingues gréseux de la base de cette formation rouge. En ce point les galets, bien que partiellement cassés et remplis de calcite, sont assez bien roulés. J'ai observé notamment des poudingues semblables, mais avec une épaisseur considérable, beaucoup plus au Sud, dans la province de Sonla, sous le plateau du Moc, au-dessus desquels L. Dussault signale en un point des calcaires bréchoïdes. Dans les deux cas, à Pa Ma comme au Moc, l'ensemble : Terrain Rouge, poudingues et brèches supporte d'épaisses masses calcaires anthracolithiques à Fusulines qui, bien que charriées, ont très peu souffert au cours de leur translation.

b. Entre Phong Tho et la crête de la Chaîne du P'Ou Sam Cap, on observe un peu au-dessus de la cote 1000 sur un soubassement de grès blancs, avec lits de galets de quartz et intercalations schisteuses rouges, une épaisseur importante de poudingues calcaires à ciment rouge, dont les galets sont assez bien roulés, supportant et emballant des masses énormes de calcaires plissés avec eux.

c. Plus à l'Ouest, le long de la dépression du Nam Ma entre Pac Ha et Ban Na Tham, les poudingues calcaires qui se voient en plusieurs points sont manifestement inférieurs à la masse du Terrain Rouge avec poudingues gréseux du P'Ou Sam Cap et se trouvent là encore en relation avec des brèches de calcaires à *Favosites* qui contiennent aussi des fragments d'andésite et proviennent de toute évidence de la destruction des massifs de calcaires dévoniens charriés qui se trouvent à une très faible distance à l'Ouest.

d. Plus au Nord-Ouest, sur la rive droite du Nam Ma, le talus formant la plus grande partie du bord est et sud-est du plateau de Ma Lou Thang est constitué par le

(¹) Séance du 19 novembre 1936.

(²) *Bull. Serv. Géol. Indochine*, **10**, fasc. **2**, 1921.

Terrain Rouge et par ses conglomérats calcaires qui supportent les calcaires charriés de la nappe de la Rivière Noire.

Une surface polie de ces conglomérats montre qu'ils sont formés d'éléments peu roulés, puis brisés, dont les différents fragments se sont déplacés postérieurement à leur dépôt dans un même sens qui, hypothétiquement, est celui de la marche de la nappe. Dans cette roche, qui présente en somme une véritable structure cataclastique, les vides produits par les mouvements différentiels des éléments de ce conglomérat ou de leurs fragments sont remplis par de la calcite de néoformation.

e. Dans la partie nord du même plateau, le talus bordant le Nam Na montre :

1° au-dessus de la cote 450, des lames de calcaires noirs bourrés de calcite et pincés dans des schistes triasiques;

2° un peu plus haut les mêmes calcaires sont mélangés de conglomérats et de brèches calcaires et viennent former le rebord nord du plateau.

Sur le plateau même les calcaires parfois construits, gris ou jaunâtres, marneux, ferrugineux, bréchoïdes et siliceux, passent progressivement à des brèches à ciment rouge et aux conglomérats calcaires rouges vus précédemment sur le rebord est du même plateau sous la nappe de la Rivière Noire.

Bien que de plus nombreuses observations eussent été utiles pour serrer d'un peu plus près le problème de l'origine de ces conglomérats et de ces brèches calcaires, je pense qu'on peut déduire déjà de ce qui précède que *le poudingue calcaire du Terrain Rouge du type Pa Ma, Moc, etc. n'est autre que l'ultime résultat de la destruction des parties frontales de la nappe en plus grande partie calcaire de la Rivière Noire et de leur translation sur une surface accidentée entravant leur mouvement*. Cette transformation se serait faite progressivement à des profondeurs variables, en milieu subcontinental cependant, depuis la brèche à éléments énormes emballés dans de l'argile rouge jusqu'au poudingue à galets relativement petits et réguliers qui, par le fait même de sa composition, aurait constitué en fin de compte, avec le Terrain Rouge, une véritable surface de glissement ou de roulement sur laquelle se serait déplacée, sans trop de dommages et sur ses propres débris, la nappe de la Rivière Noire, permettant même l'avancée du lambeau de Lan Nhi Thang jusque dans la partie la plus déprimée du Géosynclinal de la Rivière Noire. Par contre, le principal de cette nappe se serait accumulé dans un fossé plus ou moins large et plus ou moins profond situé sur sa marge arrière. Il est également possible que les conglomérats et brèches calcaires du Terrain Rouge ne se soient formés qu'après la mise en place du lambeau de Lan Nhi Thang et avant celle de la nappe de la Rivière Noire.

TOXICOLOGIE. — *Sur l'antagonisme de quelques cations dans les cultures des Saprolégniées.* Note [1] de M. et Mme **Fernand Moreau**, présentée par M. Pierre-Augustin Dangeard.

Nous avons signalé [2] les actions toxiques qu'exercent sur une Saprolégniée, *Achlya colorata* Pringsh., les chlorures de potassium, de sodium, de calcium et de magnésium. Dans les mêmes conditions expérimentales, nous avons recherché si la toxicité de ces chlorures se trouve modifiée lorsqu'on les mélange deux à deux. Nous exprimons les résultats de nos expériences par des graphiques établis selon les procédés exposés par Osterhout [3] dans des recherches consacrées comme celles-ci aux phénomènes d'antitoxicité.

Deux solutions salines contenant chacune un chlorure des métaux précédents sont choisies telles que, séparément, elles exercent sensiblement la même action toxique sur les cultures de notre *Achlya* (nous adoptons comme critérium de la toxicité l'action sur le développement du mycélium, mesurée par le diamètre de la culture au bout de quelques jours). On les mélange en proportions variées en ajoutant à n^{cm^3} de l'une $(100-n)^{cm^3}$ de l'autre; on fait agir sur le Champignon les solutions mixtes ainsi préparées et l'on mesure après quelques jours le diamètre des cultures obtenues. On traduit les résultats par des courbes telles que les deux suivantes, relatives, la première à un mélange de KCl et de $CaCl^2$, la seconde à un mélange de KCl et de $MgCl^2$.

De telles courbes sont propres à renseigner sur l'antitoxicité des sels (et des ions) mis en présence :

1° Toutes sont des courbes entièrement situées au-dessus de la droite qui joint leurs extrémités. Les mélanges des sels mis en expérience deux à deux sont donc moins toxiques que chacun d'eux agissant isolément; la toxicité de chaque sel et, l'anion Cl étant commun à tous, la toxicité de leurs cations, est atténuée par la présence d'un autre. Il y a une action antitoxique excercée par chaque sel (ou chaque cation) à l'égard des autres, un antagonisme des sels (ou des cations) quant à leur action toxique.

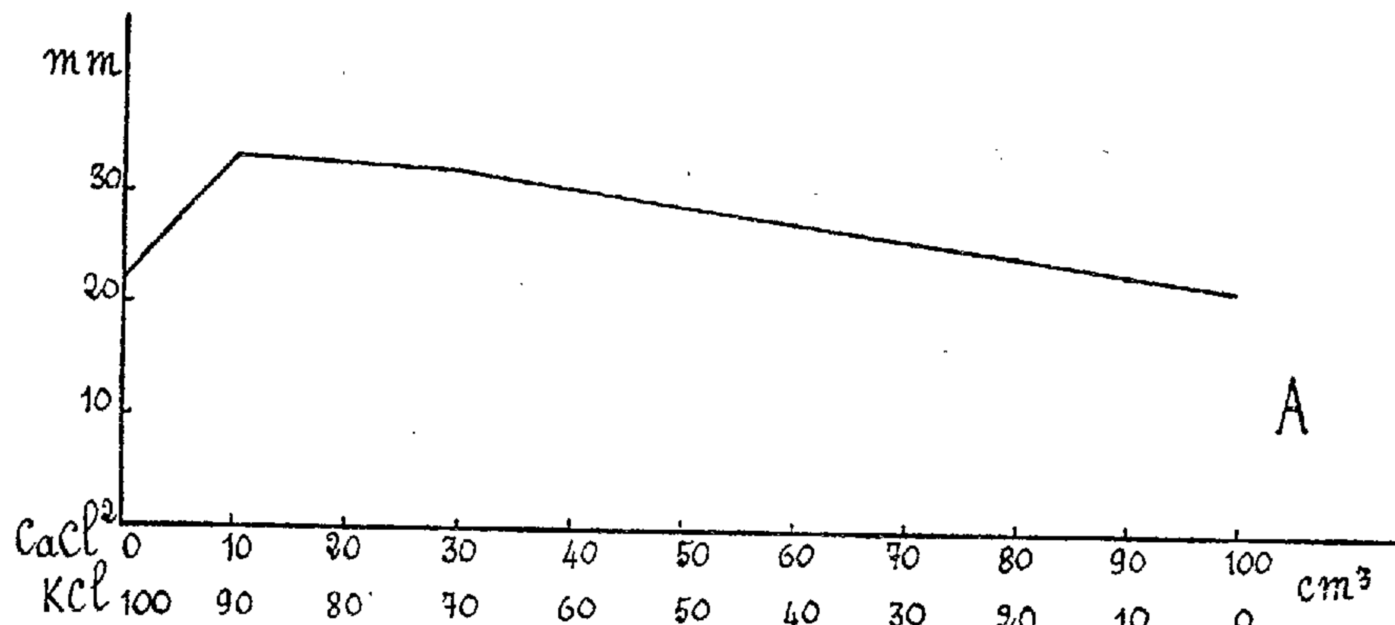
---

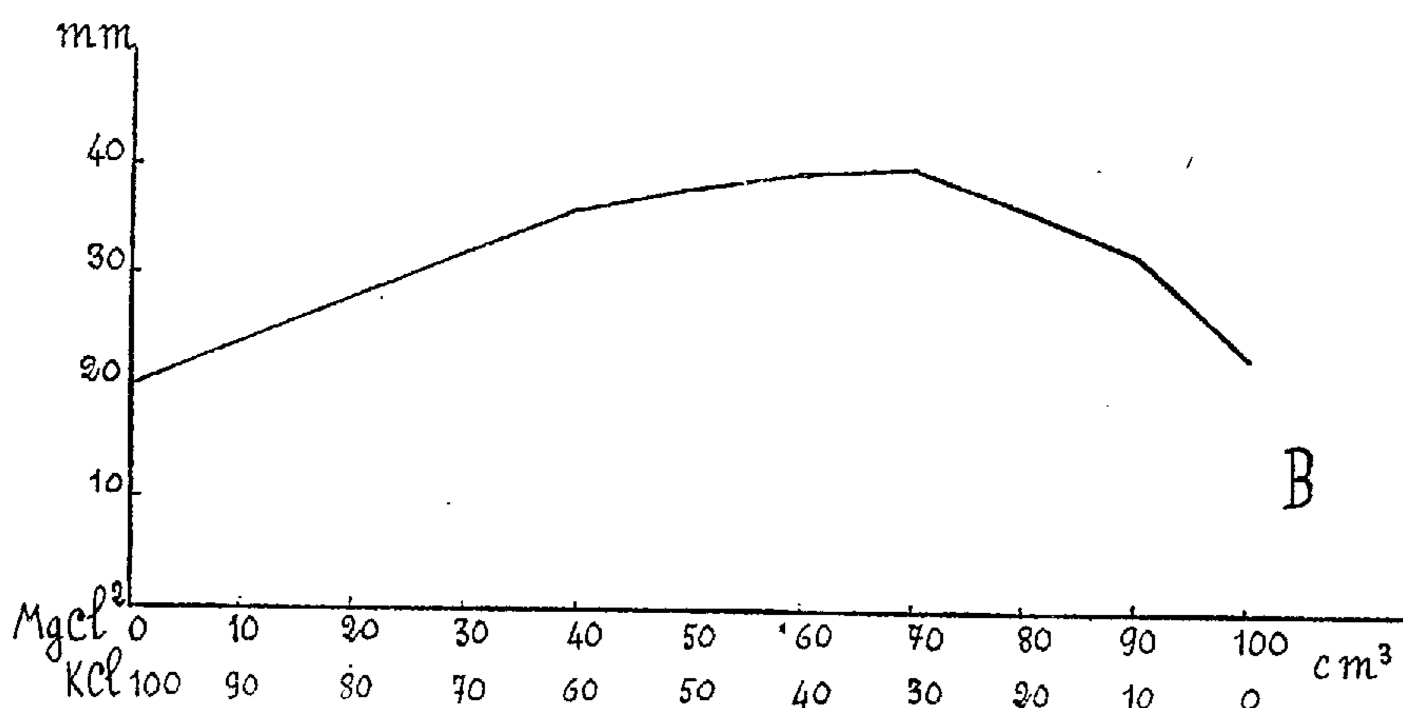
(1) Séance du 19 octobre 1936.

(2) F. Moreau (et Mme), *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 2175.

(3) W. J. V. Osterhout, *Bot. Gaz.*, 58, 1914, p. 178.

2° Ces courbes offrent toutes un sommet, atteint pour un mélange de sels plus favorable (ou moins défavorable) qu'aucun autre à la croissance du mycélium. Pour chaque couple de sels, il est une proportion de chacun d'eux pour laquelle le mycélium prend un développement plus grand que pour tout autre.





Variations de la croissance du mycélium de l'*Achlya colorata* en fonction de la composition saline du milieu nutritif.

A, mélange de K Cl 0,13 M et de $Ca Cl^2$ 0,16 M (culture de 4 jours);
B, mélange de K Cl 0,13 M et de $Mg Cl^2$ 0,06 M (culture de 4 jours).

Par exemple, pour le mélange $KCl + CaCl^2$, le maximum de développement est obtenu avec un mélange de 90 parties d'une solution de KCl 0,13M et de 18 parties d'une solution de $CaCl^2$ 0,16M; pour le mélange $KCl + MgCl^2$ les proportions les plus favorables sont 30 parties d'une solution de KCl 0,13M et 70 parties d'une solution de $MgCl^2$ 0,06M.

3° Souvent les courbes sont très dissymétriques; il suffit d'une faible

quantité de l'un des cations confrontés pour diminuer grandement la toxicité de l'autre; il faut une quantité bien plus grande de ce dernier pour rendre moins toxique le premier. Le calcium vis-à-vis du potasium, du sodium, du magnésium, le potassium vis-à-vis du sodium, se montrent d'une antitoxicité élevée.

4° Au contraire, des courbes de moindre dissymétrie, comme celles que fournissent les mélanges des chlorures de sodium et de potassium avec le chlorure de magnésium, témoignent d'une antitoxicité réciproque plus semblable des cations intéressés.

5° Les ions K et Ca présentent à l'égard des autres un antagonisme particulièrement marqué.

Ces faits sont importants pour la connaissance de l'écologie des Saprolégniées; les eaux naturelles où elles vivent sont des solutions salines contenant plusieurs sels; des actions antitoxiques s'exercent entre les sels et entre les ions en présence. En particulier l'ion Ca, si répandu dans la nature, doit intervenir fréquemment pour atténuer la toxicité des autres ions. Son action antitoxique dans le cas des Saprolégniées est d'autant plus remarquable que, dans les expériences de M[lle] T. Robert (¹) portant sur *Aspergillus niger*, les sels de calcium avaient paru entièrement dépourvus de pouvoir antitoxique vis-à-vis des constituants du liquide de Raulin.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE — *L'élaboration de la matière carbonée par les végétaux en milieu aquatique.* Note de M[lle] **Marie-Thérèse Gertrude**, présentée par M. Marin Molliard.

Dans une étude relative à l'action qu'exerce le milieu extérieur sur le métabolisme végétal, R. Combes (²) a montré la nécessité d'un examen d'ensemble de cette action si l'on veut parvenir à expliquer le mécanisme du pouvoir morphogène du milieu ambiant. Avec plusieurs de ses élèves il a entrepris d'établir comment le fonctionnement métabolique réagit à l'intensité de l'éclairement; j'ai pour ma part étudié comment il réagit à l'action du milieu aquatique.

L'explication qui a été le plus généralement adoptée pour rendre compte

(¹) *Recherches sur le rôle physiologique du calcium chez les végétaux* (*Th. Sc.*, Paris, 1915).

(²) *Comptes rendus*, **203**, 1936, p. 680.

de l'action morphogène du milieu aquatique est celle qu'ont défendue Arcangeli, Brand, Gœbel, Riede, Woltereck. Elle suppose que ce milieu agit sur les formes végétales en provoquant une déficience de la nutrition carbonée. Mes premières recherches ont donc porté sur les réactions possibles de la nutrition carbonée à l'influence du milieu aquatique.

J'ai expérimenté sur la lignée de *Veronica Anagallis* sélectionnée par R. Combes depuis plusieurs années et utilisée par lui dans ses recherches actuelles ([1]). J'ai entrepris des cultures comparées de cette espèce, d'une

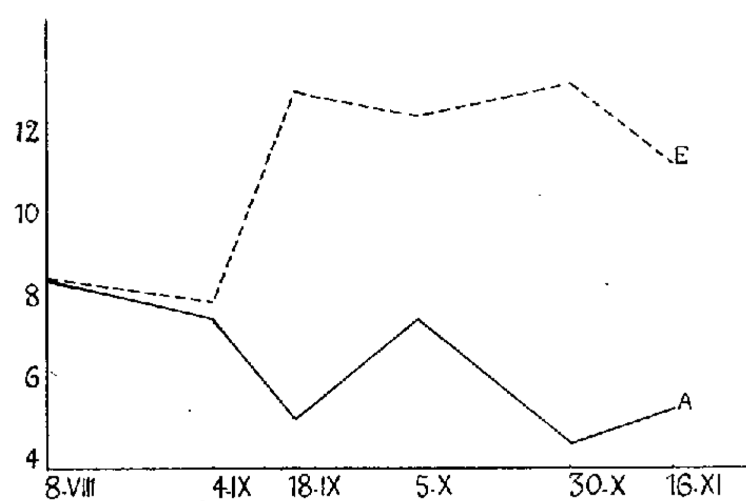


Fig. 1.

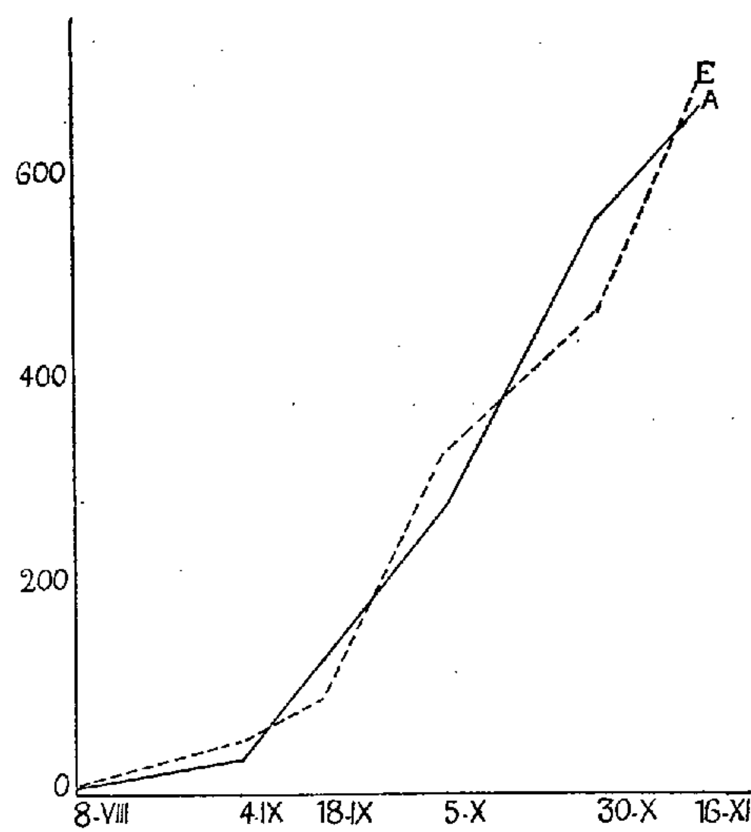


Fig. 2.

Fig. 1. — Courbes de variation de l'intensité de photosynthèse chez une matière végétale construite dans l'eau (E) et chez une matière végétale construite dans l'air (A).

Fig. 2. — Courbes rendant compte de l'activité d'élaboration de la matière organique dans l'eau (E) et dans l'air (A).

part dans l'eau, en immersion complète, d'autre part sur un sol, l'appareil aérien se développant à l'air libre. J'ai examiné en premier lieu la puissance de photosynthèse de la matière végétale de *Veronica Anagallis* lorsqu'elle se construit sous l'eau et lorsqu'elle se construit dans l'air. A dates rapprochées au cours du développement des fragments de rameaux feuillés ont été récoltés dans les deux lots de plantes ; ils ont été portés dans des conditions de milieu identiques, en atmosphère formée d'air enrichi de gaz car-

---

([1]) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 680.

bonique dans la proportion de 8 pour 100, et l'intensité de photosynthèse a été mesurée. Les courbes de la figure 1 représentent les variations de l'intensité de photosynthèse des deux matières végétales au cours du développement, cette intensité étant exprimée en centimètres cubes de gaz carbonique fixé par heure et par gramme de substance sèche.

Il convenait d'autre part de se rendre compte de l'intensité d'élaboration de la matière carbonée chez les deux sortes d'individus dans le milieu même où ils se construisent et fonctionnent. La détermination de la quantité de substance organique contenue dans une plante de chaque lot aux divers stades de la végétation devait fournir des données suffisantes pour permettre cette comparaison. Les courbes de la figure 2 indiquent, pour les plantes de chaque milieu, les variations de la quantité (exprimée en milligrammes) de substance organique contenue dans un individu aux divers stades du développement.

L'examen des deux groupes de courbes conduit aux constatations suivantes :

La matière végétale de *Veronica Anagallis* qui se construit dans l'eau présente pendant toute la durée de la végétation une puissance de photosynthèse supérieure à celle de la matière végétale qui se construit dans l'air.

Le *Veronica Anagallis* fonctionnant sous l'eau élabore autant de matière carbonée que la même plante fonctionnant dans l'air.

L'espèce sur laquelle ont porté mes expériences se montre très polymorphe; R. Combes a fait connaître les principales différences de forme externe et de structure interne qui existent entre les individus immergés et les individus de plein air. Les résultats qui viennent d'être exposés ne permettent pas d'expliquer ces différences morphologiques par une déficience de la nutrition carbonée chez les plantes immergées; ils ne s'accordent pas avec l'hypothèse rappelée plus haut. C'est donc autre chose que l'intensité de la nutrition carbonée qui est influencée par le milieu aquatique, et qui oriente la morphogénèse dans le sens propre aux plantes d'eau; une étude détaillée de l'action qu'exerce ce milieu sur les différentes formes de l'activité métabolique s'impose si l'on veut essayer de comprendre le mécanisme de son action morphogène.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur le verbenaloside*. Note de M. **Jean Cheymol**, présentée par M. Alexandre Desgrez.

En 1908 L. Bourdier [1] a extrait de *Verbena officinalis* L. un hétéroside cristallisé : le verbenaloside. Il a indiqué les constantes physiques de ce corps, a insisté sur son pouvoir réducteur, les combinaisons qu'il donne avec la phénylhydrazine et l'hydroxylamine; il a pensé qu'il contenait une fonction aldéhydique libre, mais n'a pu poursuivre l'étude de sa constitution.

Voici quelques éléments nouveaux sur ce sujet :

1. *Le verbenaloside est une lactone.* — La solution aqueuse du verbenaloside est neutre au tournesol, mais, si l'on ajoute à cette solution une quantité d'alcali insuffisante pour former le sel de l'acide verbenalosidique, on voit la réaction, d'abord alcaline, devenir progressivement neutre.

A une solution de 2^g de verbenaloside pour 50^{cm^3} d'eau on ajoute 14^{cm^3} d'eau de baryte ($10^{cm^3} = 0^g,2873$ BaO) et l'on complète à 100^{cm^3} avec de l'eau distillée. La solution jaunit immédiatement. Sur 5^{cm^3} du liquide additionné de phtaléine, on dose en retour par SO^4H^2 N/10 la quantité de baryte non combinée au verbenaloside.

Immédiatement (cm³ de SO^4H^2 N/10 nécessaires)	2,6
5 minutes après	2,2
15 »	1,5
30 »	1,19
1 heure après	0,85
3 »	0,40
6 »	0,21
9 »	0,14
24 »	0,13
48 »	0,13

En même temps, la saveur très amère du verbenaloside disparaît. Le verbenaloside se comporte comme une lactone, s'hydratant progressivement sous l'action d'un alcali pour donner un acide. Les corps obtenus sont les sels de l'*acide verbenalosidique* $C^{17}H^{26}O^{11}$.

---

(1) *Journ. Pharm. et Chim.*, 6e série, 27, 1908, p. 49 et 101.

Verbenalosidate de baryum $[(C^{17}H^{25}O^{11})^2Ba$. — La quantité de baryum fixé dans l'expérience ci-dessus, pour 1^g de verbenaloside, est de $0^g,172$ pour fournir $1^g,220$ de sel de baryum (chiffre calculé : $0^g,171$).

Verbenalosidate de sodium ($C^{17}H^{25}O^{11}Na$). — La fixation de l'alcali se fait comme dans l'expérience précédente, 1^g de verbenaloside donne $1^g,103$ de sel de sodium fixant $64^{mg},40$ de sodium (chiffre calculé : $59^{mg},20$).

Les solutions aqueuses de ces sels se dessèchent dans le vide sulfurique sans cristalliser. Ces solutions ne sont plus amères, alors que la solution du verbenaloside l'est extrêmement. Elles se colorent en jaune rouge par addition de quelques gouttes de Cl^6Fe^2 au dixième.

Acide verbenalosidique. — Corps cristallisé en fines aiguilles groupées en sphéro-cristaux, saveur acide, non amère. Sa solution aqueuse incolore est très réductrice, par addition de quelques gouttes de Cl^6Fe^2 au dixième, elle devient d'un jaune rouge. L'acide verbenalosidique est hydrolysé par les acides minéraux dilués et l'émulsine.

2. *Le verbenaloside a une fonction cétone*. — Ce corps est très réducteur : 1^g réduit la liqueur cupro-alcaline comme $0^g,906$ de glucose. Il précipite le nitrate d'argent ammoniacal avec formation de miroir à froid. Il précipite le réactif de Nessler. Il ne recolore pas le réactif de Schiff et ne donne pas de combinaison apparente avec le bisulfite de sodium. Il donne des composés avec la phénylhydrazine et l'hydroxylamine.

Il précipite à froid le réactif au sulfate mercurique. Traité par l'iode en milieu alcalin, il donne de l'iodoforme à odeur caractéristique. La réaction de Legal est rouge. Toutes ces réactions permettent de penser qu'il y a une fonction cétone non fixée directement sur le noyau.

L'*oxime* est cristallisée; elle est insoluble dans l'eau, elle se décompose sans fondre vers $+155°$; elle réduit la liqueur cupro-alcaline à froid. Son analyse quantitative indique qu'il se fixe beaucoup plus d'une molécule d'hydroxylamine par molécule d'hétéroside.

La *phénylhydrazone* est un corps amorphe, soluble dans l'acétone.

Le verbenaloside hydrogéné à froid, en présence de nickel platiné selon la technique de MM. M. Delépine et A. Horeau [1], donne un hydroverbenaloside cristallisé de saveur amère, non réducteur, hydrolysable par les acides minéraux dilués et par l'émulsine. Les variations du point de fusion et du pouvoir rotatoire, la présence de deux formes cristallines dans les

(1) *Comptes rendus*, **201**, 1935, p. 1301.

fractionnements laissent supposer qu'il se forme deux alcools différents par hydrogénation de la fonction cétone.

3. *Le verbenaloside a un méthoxy.* — La méthode de Zeisel permet de caractériser un O — CH^3 dans la molécule ([1]).

4. L'hydrolyse par l'émulsine donne du glucose *d* et une aglucone phénolique lévogyre cristallisée, le verbenalol ([2]) déjà décrit dans une Note récente.

L'hydrolyse par l'acide sulfurique à $2^g,50$ pour 100^{cm^3} donne également du glucose *d* et une aglucone phénolique lévogyre dont les cristaux n'ont pu être obtenus en quantité suffisante pour vérifier s'il y a identité avec le verbenalol. Cette hydrolyse acide prolongée entraîne un dégagement d'anhydride carbonique dont le volume gazeux correspond exactement à celui qui pourrait se dégager à partir d'un — COOH dans la molécule.

ZOOLOGIE. — *Le cnidome des Cladonémides* Eleutheria dichotoma *et* Cladonema radiatum, *son cycle et son interprétation.* Note de M. **Robert Weill**, présentée par M. Maurice Caullery.

Il résulte d'observations antérieures ([3]) que les Méduses *Cladonemidæ* (*sensu auct.*) doivent donner la clé, en quelque sorte, de l'interprétation du groupe des Anthoméduses en général, et que les indications taxonomiques données par leur cnidome ont la valeur d'un test particulièrement important. En effet, que l'on compare leurs polypes aux autres Gymnoblastes, ou leurs méduses aux autres Anthoméduses, ou que l'on étudie la correspondance de ces deux stades ontogénétiques, des problèmes surgissent qui sont insolubles à l'aide des seules considérations anatomiques ou embryologiques : 1° que leurs polypes aient des tentacules capités (*Gemmaria*, *Güntherella*, *Cladonema*, *Eleutheria*), ou filiformes (*Pteroclava*), leur anatomie n'est nullement caractéristique du groupe; des polypes apparemment identiques (*Syncoryne*, *Coryne*, *Clava*) se reproduisent par gonophores fixes, ou par des méduses essentiellement différentes des Cladonémides;

([1]) Les données numériques seront exposées dans un autre Recueil.

([2]) J. Cheymol, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 543.

([3]) *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 60 et *Trav. Stat. zool. Wimereux*, 10 et 11, 1934, 2 vol. in-4°, 701 pages.

2° si les Cladonémides sont caractérisées, parmi les Anthoméduses, par leurs tentacules ramifiés, l'une des deux sous-familles, celle des *Pteronemidæ*, présente des particularités anatomiques (cnidophores) qui, en fait, l'écartent de toutes les autres Hydroméduses; 3° le cycle des Cladonémides présente de nombreux cas d'*hétérogonisme* et d'*isogonisme* : des méduses sensiblement identiques (par exemple *Gemmaria* et *Pteroclava*) peuvent naître de polypes très différents, et, inversement, des méduses très différentes (par exemple *Gemmaria* et *Sarsia*) naître de polypes anatomiquement identiques.

J'ai montré (*loc. cit.*) que l'étude des nématocystes élimine ces contradictions et qu'elle permet d'entrevoir un système à la fois précis, logique et cohérent. A l'encontre des Gymnoblastes vrais, les Ptéronémides, en effet, ne possèdent jamais de desmonèmes et présentent toujours, au moins durant leur phase médusaire, des eurytèles macrobasiques, qui sont une de leurs caractéristiques essentielles. Sous l'identité anatomique parfaite des polypes, et sous la ressemblance superficielle des méduses, se révélait ainsi, grâce au cnidome, une différence fondamentale.

Il importait grandement d'étendre ces observations aux Cladonémides de la sous-famille des *Dendronemidæ*, à tentacules dépourvus de cnidophores et ramifiés, non sur le mode semi-penné, mais dichotomiquement, et qui se rangeaient sans difficulté parmi les Anthoméduses vraies; leurs polypes, par leur anatomie, se rapprochent des Syncorynides. Les documents sur leur cnidome sont réduits et fragmentaires, et portent seulement sur *Cladonema radiatum*, où Jickeli (1882) signale, chez le polype, des sténotèles et d'autres nématocystes (indéterminables), et Billard (1902), chez la méduse, des desmonèmes et des sténotèles. L'ensemble de mes observations m'avait fait supposer que ces formes se montreraient toujours dépourvues d'eurytèles macrobasiques, mais que, durant tout ou partie de leur cycle, elles posséderaient des desmonèmes.

J'ai entrepris la vérification de ces hypothèses, d'une part sur *Eleutheria dichotoma* (Concarneau), d'autre part sur *Cladonema radiatum* (Iles Bermudes). Dans les deux cas, de très nombreuses méduses avaient été récoltées, à partir desquelles fut réalisé, par fécondation naturelle ou expérimentale, l'élevage des polypes. Pour ces deux espèces le résultat fut identique : *les polypes possèdent uniquement des sténotèles, les méduses des desmonèmes et des sténotèles*.

Ces résultats confirment la place des Dendronémides parmi les Gymno-

blastes vrais, et leur séparation d'avec les Ptéronémides. Mais ils apportent en plus un fait nouveau et inattendu : pour la première fois, il se trouve des Gymnoblastes vrais, identifiés avec certitude, et qui, durant la moitié de leur cycle évolutif, sont dépourvus de desmonèmes et possèdent un monocnidome. Nul doute qu'il en puisse résulter, pratiquement, des difficultés d'identification; on voit ainsi que rien d'essentiel, même pas le cnidome, ne permettrait de distinguer le polype de *Gemmaria gemmosa* de celui d'*Eleutheria dichotoma*, tandis que l'anatomie, aussi bien que le cnidome de leurs méduses, sépare radicalement ces deux formes. Rien ne permet d'attribuer à une convergence, à une adaptation fonctionnelle, l'existence de ce même monocnidome de sténotèles dans des polypes taxonomiquement aussi éloignés. Mais l'on peut rappeler, à ce sujet, d'autres cas, tels que *Tubularia*, *Gemmaria*, *Cyanea*, *Pelagia*, *Chrysaora*, où toujours le cnidome est d'abord simple et se complète au fur et à mesure du cycle évolutif, et cette comparaison confirmerait que, chez les formes étudiées ici, la phase polypoïde représente le stade larvaire, la phase médusaire, le stade adulte. Et rien alors ne s'oppose à voir dans la similitude de ces larves de Ptéronémides et de Dendronémides, ainsi marquée par leur anatomie et par leur cnidome, l'indice d'une communauté d'origine des deux groupes : l'un, possédant des sténotèles et des eurytèles macrobasiques, et l'autre, possédant des sténotèles et des desmonèmes, dériveraient de formes polypoïdes possédant uniquement des sténotèles.

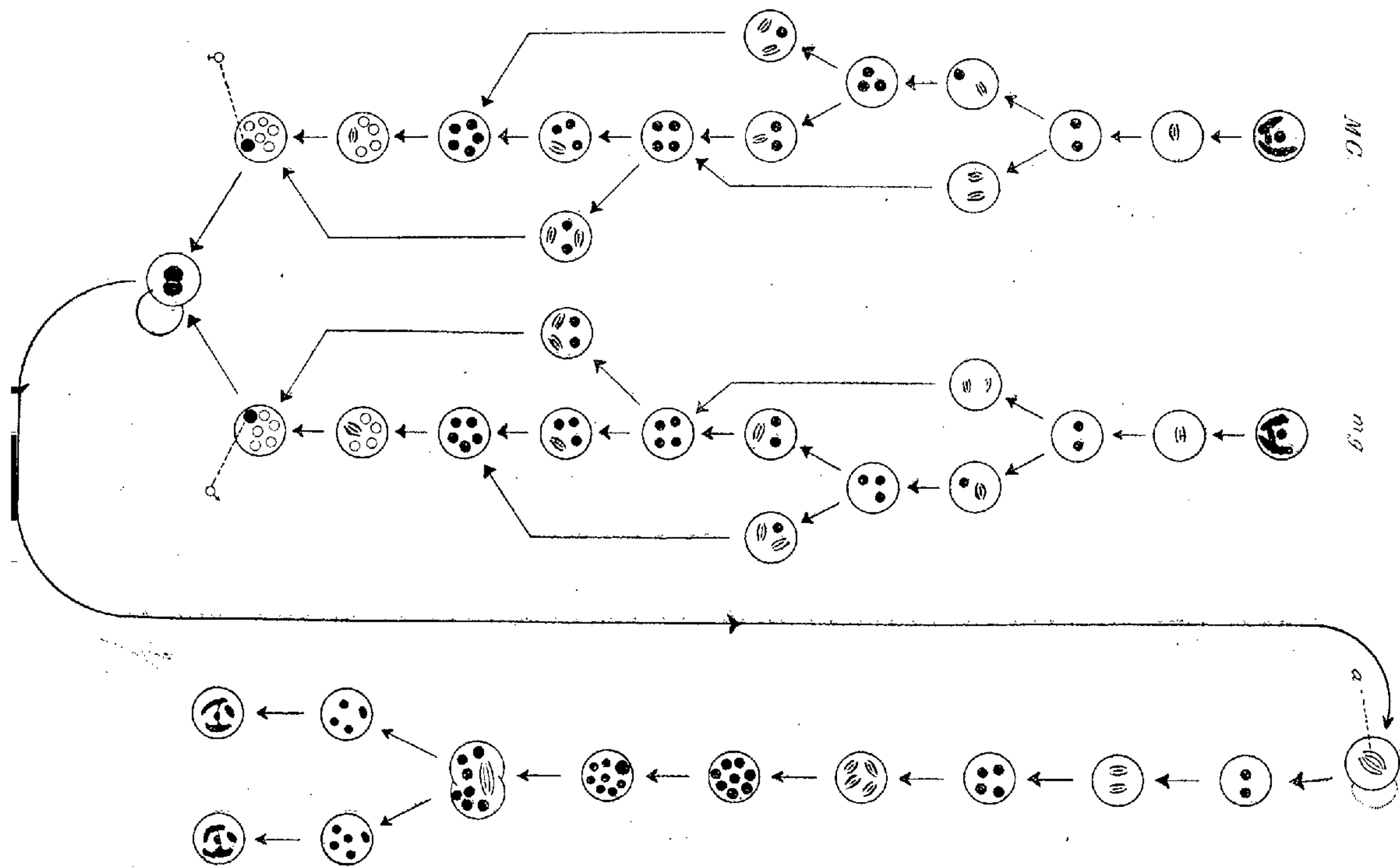
ZOOLOGIE. — *Phénomènes nucléaires de la conjugaison chez* Trichodina patellæ *Cuénot*. Note de M. **Jean-Brouardel**, présentée par M. Maurice Caullery.

La conjugaison des Trichodines est connue surtout par les observations de Caullery et Mesnil (1915), qui sont les seuls à en avoir étudié les phénomènes nucléaires, sur *Trichodina patellæ;* Zick (1928) donne quelques indications fragmentaires sur sa morphologie externe chez *Urceolaria korschelti*. Nos observations, qui ont porté sur *T. patellæ*, apportent une série de données nouvelles que nous discuterons ultérieurement, nous bornant ici à résumer nos conclusions.

A Wimereux, les conjugaisons s'observent surtout à l'automne (octobre et novembre). Nous n'envisagerons ici que les phénomènes nucléaires.

Leurs aspects très variables, et la sériation qu'ils nous paraissent suggérer, sont schématisés par le tableau ci-dessous.

On sait que la conjugaison est anisogame, le plus petit des deux gamètes étant finalement absorbé par le plus grand. Les phénomènes nucléaires sont fondamentalement identiques dans les deux conjugués. La



Trichodina patellæ. — Schéma des phénomènes nucléaires de la conjugaison. Les flèches montrent les diverses possibilités du cycle évolutif. MG, macrogamète, *mg*, microgamète. Les mitoses sont indiquées par des fuseaux, les noyaux en dégénérescence par des cercles en clair, les autres par des cercles noirs. Le macronucléus n'est indiqué qu'aux stades initial et terminal.

difficulté de leur interprétation tient à plusieurs causes. En effet, on aboutit en principe, avant la copulation des pronucléi, et pour chacun des deux conjoints, à un stade à six noyaux, qui se réalise par deux mitoses successives du micronucléus initial, suivies par la mitose de deux des quatre noyaux ainsi formés. Mais : 1° la copulation des pronucléi dans le grand individu peut s'effectuer à un stade antérieur, par exemple, au stade à quatre noyaux (les deux dernières divisions, passage du stade quatre au stade six, ne sont donc pas une condition essentielle de la forma-

tion des pronucléi); 2° les divers noyaux-frères d'un stade quelconque peuvent se diviser simultanément ou successivement; 3° il n'y a pas de synchronisme nécessaire dans le comportement nucléaire des deux conjoints. Il en résulte des aspects cytologiques extrêmement variés, tenant au très grand nombre de combinaisons que permettent ces possibilités, et qui sont résumés par le tableau. Ces processus sont obscurcis, au surplus, par le comportement du macronucléus, qui, dès le début de la conjugaison, se résout en nombreux fragments, qui ne dégénéreront que beaucoup plus tard.

Le microgamète est complètement absorbé par le macrogamète, et un des noyaux du premier (pronucléus ♂) vient s'accoler à un des noyaux (pronucléus ♀) du second. Tous les autres noyaux dégénéreront progressivement. L'amphicaryon réalisé *a* donne naissance, par trois mitoses successives, à huit noyaux. L'un d'entre eux est destiné à fournir le nouveau matériel micronucléaire et se divise, cette mitose s'accompagnant de la division de l'infusoire. Des deux infusoires-fils, l'un emportera donc, en plus du nouveau micronucléus, trois noyaux, l'autre, quatre, qui, dans les deux individus-fils, reconstitueront le macronucléus.

La conjugaison des Trichodines présente donc, avec celle des Vorticellides, des analogies qu'avaient déjà relevées Caullery et Mesnil; elle en diffère cependant par plusieurs points importants.

ZOOLOGIE. — *Croissance allométrique et dimorphisme sexuel chez les Brachyoures*. Note de M. **Pierre Drach**, présentée par M. Charles Pérez.

Chez les Crustacés Décapodes, la première paire de péréiopodes, communément désignée sous le nom de pinces, présente dans sa forme et sa croissance une série de particularités depuis longtemps classiques, qui peuvent se résumer en trois points essentiels : 1° hétérochélie (dissemblance des deux pinces à la fois dans leur taille et dans leur forme); 2° dimorphisme sexuel (les pinces des ♂ sont plus grandes que celles des ♀); 3° allométrie (les pinces croissent plus rapidement que le reste du corps, suivant une loi du type $y = bx^{\alpha}$, comme Huxley le montra le premier pour la grosse pince de *Uca pugnax*).

Laissant de côté la question d'hétérochélie, j'exposerai ici quelques

données nouvelles qui précisent les relations entre le dimorphisme sexuel et la croissance allométrique chez les Crabes Brachyrhynques; ces données sont le résultat d'une étude comparée de la croissance pondérale des pinces chez les espèces : *Cancer pagurus* Linné, *Carcinus mænas* Linné, *Xantho floridus* Montagu et *Pilumnus hirtellus* Linné. Pour chaque espèce ont été construites les courbes de croissance en coordonnées logarithmiques $\log x$ et $\log y$ (y, poids des deux pinces; x, poids du reste du corps); chaque point est représentatif d'une classe de 5 à 10 individus; les classes sont déterminées d'après la largeur de la carapace. Ces courbes sont constituées par un ou plusieurs segments de droite dont la pente mesure la *constante d'équilibre* α de la loi de Huxley-Teissier $y = bx^{\alpha}$. Les points anguleux indiquent des *stades critiques* qui correspondent à des changements dans la vitesse de croissance. Le tableau suivant donne pour chaque espèce et chaque sexe les valeurs de α ainsi que les tailles de la carapace pour lesquelles α change de valeur :

Cancer pagurus......	♂	$\alpha = 1,07$ jusqu'à 100–110mm; au delà, $\alpha = 1,33$
	♀	$\alpha = 1,07$ pour toutes les tailles
Carcinus mænas......	♂	$\alpha = 1,10$ jusqu'à 52–54mm; au delà, $\alpha = 1,37$
	♀	$\alpha = 1,10$ jusqu'à 24–28mm; au delà, $\alpha = 1,03$
Xantho floridus.....	♂	$\alpha = 1,22$ pour toutes les tailles
	♀	$\alpha = 1,22$ jusqu'à 16–18mm; au delà, $\alpha = 1,06$
Pilumnus hirtellus...	♂	$\alpha = 1,20$ pour toutes les tailles
	♀	$\alpha = 1,20$ jusqu'à 8–9mm; au delà, $\alpha = 1,04$

Le graphique ci-après représente le poids des pinces évalué en pour 100 du poids du reste du corps pour les différentes tailles de la carapace. Ce mode de représentation présente l'avantage de matérialiser l'ordre de grandeur des phénomènes de croisssance et de rendre les stades critiques plus manifestes que les courbes en coordonnées $\log x$, $\log y$. Ces dernières, indispensables pour la détermination de α et la vérification de la loi d'allométrie, ont l'inconvénient de ne traduire les stades critiques que par de faibles écarts angulaires.

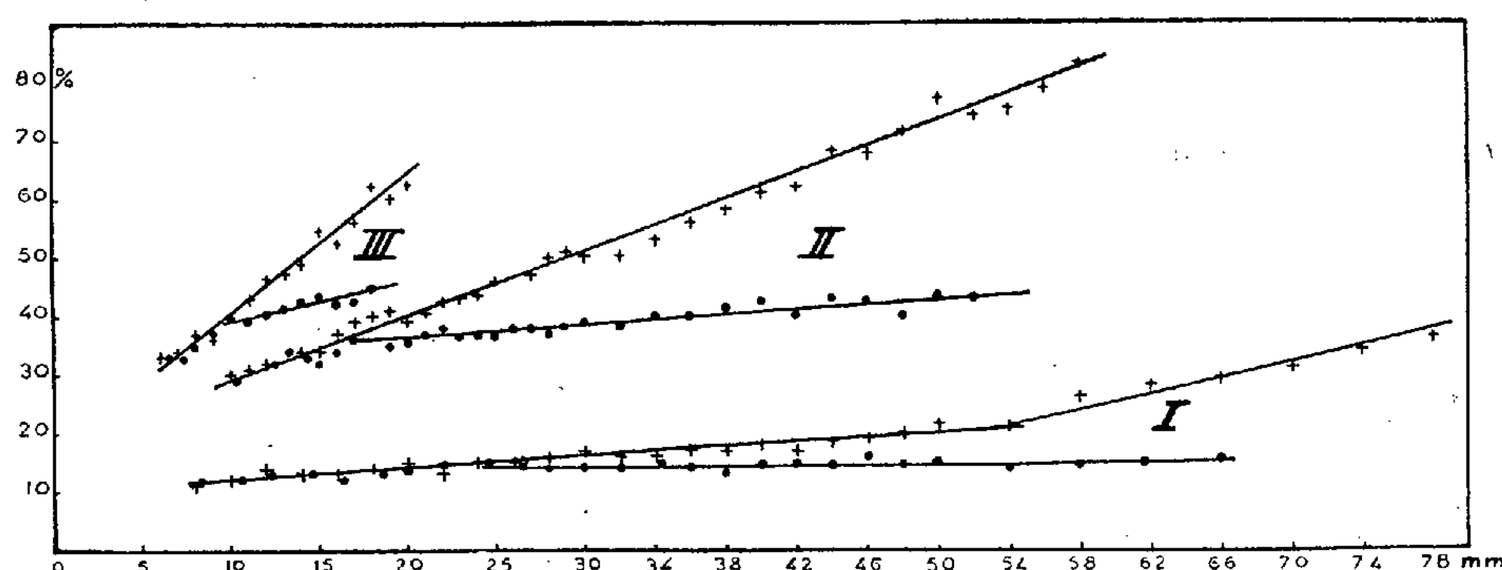
L'examen du graphique ci-après et celui du tableau des valeurs de α met en évidence les faits suivants :

Le dimorphisme sexuel des pinces n'apparaît qu'au delà d'une certaine taille, fixe pour chaque espèce : 100-110mm chez *Cancer pagurus*; 24-28mm chez *Carcinus mænas*; 16-18mm chez *Xantho floridus*; 8-9mm chez *Pilumnu*

hirtellus. Chez les trois dernières espèces ces tailles sont précisément celles où les ♀ effectuent leur mue de puberté, mue facile à situer grâce aux caractères morphologiques par lesquels Ch. Pérez l'a définie.

Le dimorphisme sexuel des pinces est donc en premier lieu le résultat d'une diminution de la valeur de α chez les ♀, diminution coïncidant avec la mue de puberté.

Chez les espèces où l'allométrie est fortement positive (*Xantho floridus*, *Pilumnus hirtellus*) la valeur de α reste constante chez les ♂ au cours de la croissance; chez celles où l'allométrie est à l'origine faiblement positive (*Cancer pagurus*, *Carcinus mænas*) la valeur de α présente une brusque augmentation pour une taille qui coïncide avec le développement des testi-



Abscisses : largeur de la carapace en millimètres. Ordonnées : poids des pinces évalué en pour 100 du poids du reste du corps.

I, *Carcinus mœnas*; II, *Xantho floridus*; III, *Pilumnus histellus*.
Les points figuratifs des ♂ sont représentés par des croix, ceux des ♀ par de petits cercles pleins.

cules (100-110^{mm} chez *Cancer pagurus*; 52-54^{mm} chez *Carcinus mænas*). Le dimorphisme sexuel des pinces est donc ici accentué secondairement par une augmentation de la constante d'équilibre chez les ♂.

Si l'on envisage ces faits comme le résultat d'une corrélation entre le développement des éléments génitaux et la croissance des pinces, on peut les résumer de la façon suivante : 1° le développement des ovaires, consécutif à la mue de puberté a une action inhibitrice sur la croissance des pinces; 2° le développement des testicules, sans action sur la croissance des pinces chez les espèces où la constante α est élevée (1,20-1,22), a une action accélératrice très forte chez les espèces où la constante α était primitive-faible (1,07-1,10).

Ces résultats valables pour le grand ensemble des Crabes Brachyrhynques ne sont pas généralisables à la totalité des Brachyoures; les Oxyrhynques, en effet, se comportent d'une façon différente et plus complexe, comme l'a montré G. Teissier chez *Maïa squinado*.

ZOOLOGIE. — *Sur la faune des cavités souterraines artificielles*. Note (¹) de M. **Roger Husson**, transmise par M. Lucien Cuénot.

Diverses cavités souterraines artificielles (ardoisières des Ardennes, mines de fer de Lorraine, mines de plomb argentifère et de cuivre des Vosges) ont fait l'objet de mes explorations dans le Nord-Est de la France; il est intéressant de rechercher si ces cavités sont peuplées et quelle est la nature et l'origine de leur faune.

Certaines galeries, abandonnées depuis très longtemps (une centaine d'années pour certaines exploitations des Vosges où les premiers travaux remontent parfois au IXᵉ siècle, comme c'est le cas pour ceux de Sainte-Marie-aux-Mines), sont tapissées de boisages qui se décomposent lentement par suite de l'humidité qui y règne et des nombreux champignons qu'ils portent. Ainsi se trouvent réalisées des conditions d'obscurité, de température à peu près constante, souvent basse, de forte humidité et de nourriture abondante; ce sont les conditions de vie classiques des grottes naturelles dont la faune a été si parfaitement étudiée ces dernières années. On sait que la population cavernicole de ces cavités est constituée par des troglophiles qui vivent encore dans le domaine épigé et par des troglobies qui, absolument caractéristiques du milieu souterrain, ont le caractère de reliques de groupes anciens, aujourd'hui disparus, dont les seuls représentants des cavernes ont pu subsister en raison de leur isolement. Il est bien connu que ces troglobies présentent les deux caractéristiques de cécité et de décoloration des téguments qu'il a paru longtemps naturel de considérer comme déterminées par les conditions de la vie obscuricole. On pense maintenant qu'il n'en est pas ainsi et que ces animaux ont vraisemblablement pénétré déjà incolores et plus ou moins aveugles dans les cavernes, leur entrée dans ce biotope ayant été déterminée par la nécessité

(¹) Séance du 19 octobre 1936.

de trouver le milieu très humide et à température constante qui est le seul qu'ils puissent supporter.

L'étude de la faune des cavités souterraines artificielles a l'intérêt d'être une gigantesque expérience naturelle d'une durée qui dépasse celle des observations qu'un homme peut espérer faire. Les animaux rencontrés sont tous des troglophiles qui, amenés sans doute dans l'immense majorité des cas par les boisages, sont ainsi les mêmes que ceux qui habitent généralement sous les écorces ou dans la terre. Il n'y a comme troglobies que les *Niphargus* (*N. Virei* Chevreux, *N. puteanus* Koch, *N. fontanus* Bates). La faune assez riche, en comprenant également celle de l'association pariétale de l'entrée (ensemble des trogloxènes), renferme 164 espèces appartenant à de nombreux groupes : 15 Oligochètes, 4 Gastropodes, 4 Amphipodes, 5 Isopodes, 10 Araignées, 22 Acariens, 5 Pauropodes, 11 Diplopodes, 27 Collemboles, 9 Coléoptères, 27 Diptères, etc. Ce sont d'ailleurs presque toujours les mêmes espèces que l'on rencontre dans les différentes mines; ce qui montre que le milieu exerce une sélection, toujours dans le même sens, sur les formes introduites au hasard par les bois.

Il n'y a qu'un certain nombre d'espèces qui persistent et arrivent à fonder des colonies. Beaucoup trouvent dans les cavités artificielles des conditions meilleures que dans leur habitat primitif épigé et s'y multiplient abondamment (tels sont par exemple : *Androniscus dentiger* Verhoeff, *Porrhomma Proserpina* Simon, *Linopodes motatorius* Linné, *Pauropus Huxleyi* Lubbock, *Chordeuma silvestre* Latzel, *Polydesmus testaceus* Koch, *Polydesmus angustus* Latzel, *Proteroiulus fuscus* Am Stein, *Tomocerus minor* Lubbock, *Neosciara*, etc.).

Le point important à relever, c'est que ces troglophiles, bien qu'établis dans les cavernes artificielles depuis de nombreuses générations, parfois plus d'une centaine d'années, ne présentent aucune modification sensible par rapport à leurs alliés du domaine épigé, pas plus au point de vue de la cécité qu'à celui de la dépigmentation. Il semble donc que l'influence seule du milieu, à laquelle on attribuait jadis tant de puissance, ne saurait faire apparaître chez les troglophiles les caractéristiques des troglobies. On peut remarquer que certains, comme les Polydesmes et les Blaniules, espèces détriticoles communes à la surface, sont déjà presque aveugles et peu pigmentés. Les deux Isopodes *Androniscus dentiger* Verhoeff et *Haplophthalmus Mengii* Budde-Lund, tous deux blancs, ont un appareil optique réduit à un ocelle de chaque côté.

Ces formes, dont la physiologie exige l'obscurité, mais surtout l'humidité et une température constante, semblent préparées morphologiquement pour être des troglobies. Si leurs alliées ou les exemplaires du milieu extérieur disparaissaient, elles répondraient dès maintenant, d'une façon parfaite, à la définition des troglobies.

Quelques espèces, qui ne sont pas encore connues dans le domaine épigé, où cependant on les trouvera vraisemblablement un jour, marquent une étape de plus. Ce sont : l'Oligochète apigmenté, *Eophila obscuricola* Cernosvitov, Lombricien nouveau récolté dans une mine de fer de Lorraine; une forme nouvelle de Diplopode voisine du *Brachychæteuma Bradeæ*, jaunâtre et aveugle; le Collembole *Schäfferia Willemi* Bonet, recueilli dans les ardoisières des Ardennes et qui n'était signalé que dans les grottes de Han et Rochefort en Belgique; le Psoque dépigmenté *Nymphopsocus troglodyta* Enderlein, qui, connu seulement dans trois grottes méridionales, a été récolté dans les mines de Lorraine et des Vosges; deux Diptères Sciaridés des mines de Lorraine, l'un *Pnyxia subterranea* Schmitz, signalé seulement dans des nids de taupe du Limbourg hollandais, l'autre *Neosciara ofenkaulis* Lengersdorf, cité dans des grottes d'Allemagne et d'Autriche.

Enfin les vrais troglobies, comme les *Niphargus*, proviennent assurément des fentes du sol et des filets d'eau souterraine recoupés par les galeries de mines. A. Schellenberg [1] admet que les *Niphargus*, aboutissants cavernicoles d'une lignée marine puis saumâtre, ont perdu les yeux et la pigmentation avant d'entrer dans les eaux souterraines; ce qui est bien d'accord avec les constatations faites sur la faune des cavités souterraines artificielles.

BIOLOGIE. — *Le mode de répartition des sexes chez* Trichoniscus (Spiloniscus) provisorius II. *Femelles deutérogènes et femelles monogènes.* Note [2] de M. **Albert Vandel**, présentée par M. Maurice Caullery.

J'ai signalé [3] la répartition aberrante des sexes observée dans la descendance de certains croisements de *Trichoniscus provisorius*. De nouvelles

---

[1] *Mitteil. Zool. Mus. Berlin*, **19**, 1936, p. 406-429.

[2] Séance du 19 octobre 1936.

[3] *Comptes rendus*, **200**, 1935, p. 263-265.

recherches me permettent de compléter et de corriger ces premiers résultats.

1° Le fait que certains couples donnent une descendance exclusivement mâle, phénomène que j'avais désigné sous le nom d'*holarrhénie*, ne constitue qu'un cas particulier. *D'autres couples donnent une descendance exclusivement femelle.*

2° *La répartition des sexes dans la descendance d'un couple ne dépend pas du mâle.* Contrairement à ce que j'avais soutenu dans ma première Note, les mâles, quelle que soit leur provenance, n'exercent aucune influence sur la nature de la descendance. La répartition différente des sexes observée dans divers croisements et signalée dans ma première Note tenait à la nature des femelles employées et non à celle des mâles. L'interprétation proposée, fondée sur l'idée de différences factorielles entre les souches employées dans les croisements, doit donc être rejetée.

3° *La répartition des sexes dans la descendance d'un couple est, par contre, essentiellement fonction de la femelle employée.* Certaines femelles donnent une descendance renfermant les deux sexes, en proportion normale. D'autres femelles engendrent une descendance exclusivement mâle (ou en grande majorité mâle); d'autres une descendance exclusivement femelle (ou en grande majorité femelle). Et ceci quelle que soit la provenance des mâles avec lesquels elles ont été accouplées. La qualité de la descendance est fonction de la nature propre de la femelle, propriété transmise suivant le mode de l'hérédité maternelle.

Nous donnerons aux femelles productrices des deux sexes le nom de *deutérogènes*, et aux femelles ne donnant qu'un seul sexe, celui de *monogènes*. Nous désignerons, en nous servant des expressions proposées par Correns, en 1924, les femelles productrices de mâles sous le nom d'*arrhénogènes*, et les femelles productrices de femelles sous celui de *thélygènes*. Mais la distinction de ces deux derniers types de femelles n'est pas absolue, car je possède des cas, rares il est vrai, mais indubitables, où la même femelle a donné successivement des portées entièrement mâles et des portées entièrement femelles, exemple :

2 ♂ + 2 ♀ — 7 ♂ — 4 ♀ — 13 ♀ — 6 ♂ + 1 ♀.

Les femelles monogènes sont fréquentes dans une région assez limitée, située à l'est de Foix (L'Herm, Pradières, les Monges) et à peu près tout mon matériel d'expériences provient de ces localités. J'ai cependant récolté

une femelle monogène près de Toulouse et une autre à Ax-les-Thermes, mais elles semblent fort rares dans ces contrées. Sur un total de 127 femelles mises en élevage, 87 se sont montrées deutérogènes, 23 arrhénogènes et 17 thélygènes.

Nature du mécanisme qui règle la répartition des sexes. — Le mécanisme qui règle la répartition des sexes chez les femelles monogènes reste encore énigmatique. Mais un certain nombre d'interprétations peuvent être dès maintenant écartées.

Il ne peut s'agir, ainsi que je l'ai déjà indiqué dans ma première Note, de mortalité différentielle, car les portées des femelles monogènes sont aussi abondantes que celles des femelles deutérogènes.

Les portées unisexuées ne sont pas la conséquence d'anomalies dans la spermatogenèse, analogues à celles mises en évidence chez *Sciara* (Metz), les Poux (Doncaster et Cannon) ou les Mallophages (Perrot). La spermatogenèse des mâles exclusifs produits par les femelles arrhénogènes est absolument normale.

Les portées unisexuées ne peuvent pas non plus représenter un cas d'intersexualité extrême, avec inversion complète de l'un des sexes. Ceci non seulement parce qu'aucun intersexué n'a été observé dans les cultures (qui portent maintenant sur plusieurs milliers d'individus), mais encore parce que la descendance des mâles exclusifs produits par les femelles arrhénogènes est entièrement normale et renferme les deux sexes à égalité.

Deux interprétations restent possibles, entre lesquelles il est difficile de décider, en raison de l'ignorance où nous sommes de la constitution sexuelle des *Trichoniscus*. Si le mâle est hétérogamétique, le phénomène de monogénie peut être considéré comme le résultat d'une fécondation sélective. Si la femelle est hétérogamétique, on peut penser à une disjonction des gènes sexuels, se produisant toujours dans le même sens, au moment de la réduction chromatique [comme dans le cas, signalé par Seiler (1920), des œufs en surmaturation, ou soumis à des températures extrêmes, du Psychide *Talæporia tubulosa*].

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Reproduction expérimentale de la conjonctivite lymphogranulomateuse (maladie de Nicolas et Favre) chez le Chimpanzé.* Note de M. **Constantin Levaditi**, Mlle **Rachel Schoen** et M. **Louis Reinié**, présentée par M. Félix Mesnil.

L'infection lymphogranulomateuse (maladie de Nicolas et Favre) se localise-t-elle au niveau de l'œil? Les observations de Hellerström (1), Koppel (2), Libreich et Gottlieb (3), semblaient le prouver (conjonctivite phlycténulaire, épisclérite). Levaditi, Bollack, Basch et Desvigne (4) ont rapporté un cas de conjonctivite, accompagné d'adénite, avec présence du virus lymphogranulomateux dans les ganglions appartenant aux groupes prétragiens et sous-angulomaxillaires. Expérimentalement d'Aunoy, Haam et Lichtenstein (5) d'une part, Haam et Hartwelle (6) d'autre part, ont signalé, chez la souris contaminée par voie intra-cérébrale, une conjonctivite inflammatoire et dégénérative, sans démontrer la présence du virus dans les lésions conjonctivales.

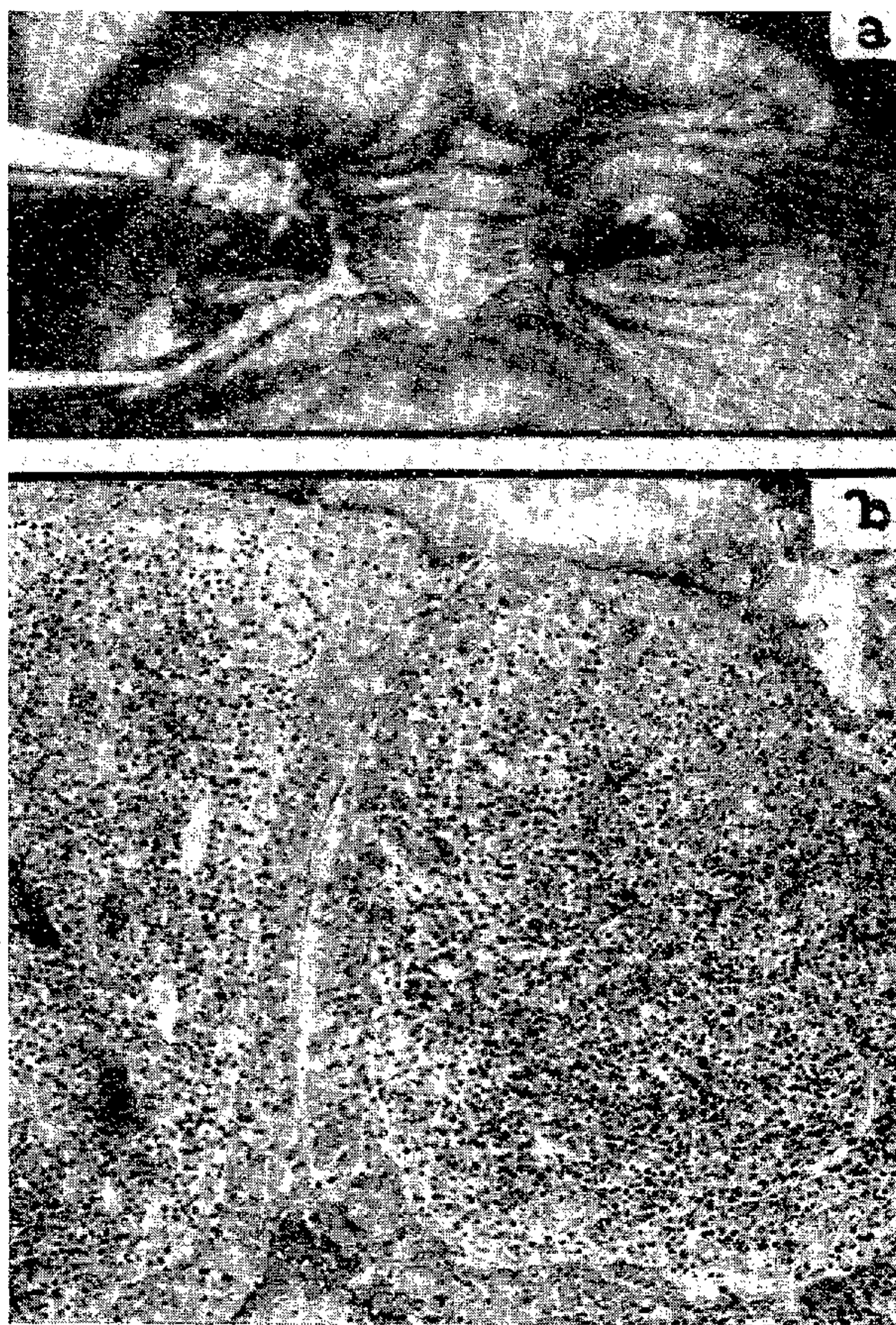
Il nous a été donné de réaliser une conjonctivite folliculaire en inoculant au Chimpanzé (*Troglodytes niger*) le virus de la maladie de Nicolas et Favre. Voici les résultats de nos expériences :

Chimpanzé *Miss*... est inoculé le 8 juin 1936, à l'*œil gauche* par voie intra-conjonctivale, à l'*œil droit* par scarification de la conjonctive (virus cérébral du *Cynocephalus babuin* n° 24). Le 4e jour, œdème palpébral à gauche et granulations rouge vif. Biopsie le 17e jour. Le 15 juillet (incubation de 37 jours), fort œdème de la paupière supérieure *droite* et prolifération d'aspect papillomateux de la muqueuse; suppuration (*fig.* 1 *a*). Excision de la conjonctive (coupes et inoculation au *Cynocephalus babuin* n° 42).

Examen histologique de la conjonctive du Chimpanzé : première biopsie à gauche. — Vacuolisation de l'épithélium conjonctival, infiltration mono-

(1) *Ann. malad. vénér.*, 24, 1929, p. 1077.
(2) *Klin. Woch.*, 6, 1927, p. 2469.
(3) *Bull. Soc. méd. Hop. Bucarest*, 14, 1932, p. 554.
(4) *Bull. Soc. Dermat. et Syphil.*, 6, 1936, p. 1238.
(5) *Amer. J. of Pathol.*, 11, 1935, p. 737.
(6) *Journ. Trop. Med.*, 39, 1936, p. 190.

cytaire du derme, développement de granulomes sous-épithéliaux. — *Deuxième biopsie à droite :* épaississement de l'épithélium, avec hypertrophie des cellules épithéliales, vacuolisation du cytoplasma et infiltration par des polynucléaires. Volumineux granulomes sous-muqueux, avec néo-



formation vasculaire et accumulation de lymphocytes, de polynucléaires et de nombreux monocytes basophiles (*fig.* 1 *b*).

Inoculations. — Cynocéphale n° 42 (sacrifié le 14e jour) : lésions discrètes, mais nettes, de lymphogranulomatose névraxique. Souris nos 365 à 368, inoculées, par voie transcranienne, avec le cerveau de ce cynocéphale : altérations typiques chez deux d'entre elles.

Conclusions. — *L'inoculation conjonctivale du virus de la maladie de*

Nicolas et Favre, détermine, chez le Chimpanzé, une conjonctivite folliculaire et suppurative, avec présence de ce virus dans la conjonctive, dont les modifications histologiques rappellent celles de la lymphogranulomatose inguinale. La possibilité de la contamination de l'homme par voie conjonctivale devient probable, à la lumière des faits cliniques et expérimentaux.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Transmission expérimentale à l'homme de la maladie des porchers.* Note de MM. **Paul Durand**, **Paul Giroud**, **Édouard Larrivé** et **André Mestrallet**, présentée par M. Félix Mesnil.

La constante bégninité de la maladie des porchers nous a autorisés à l'utiliser pour la pyrétothérapie de certains troubles mentaux, d'autant plus qu'on a récemment préconisé dans ce but la provocation de méningites aseptiques. L'appréciation d'une pareille thérapeutique ne peut se faire à brève échéance; aussi n'envisagerons nous ici que les résultats obtenus au point de vue de la médecine expérimentale.

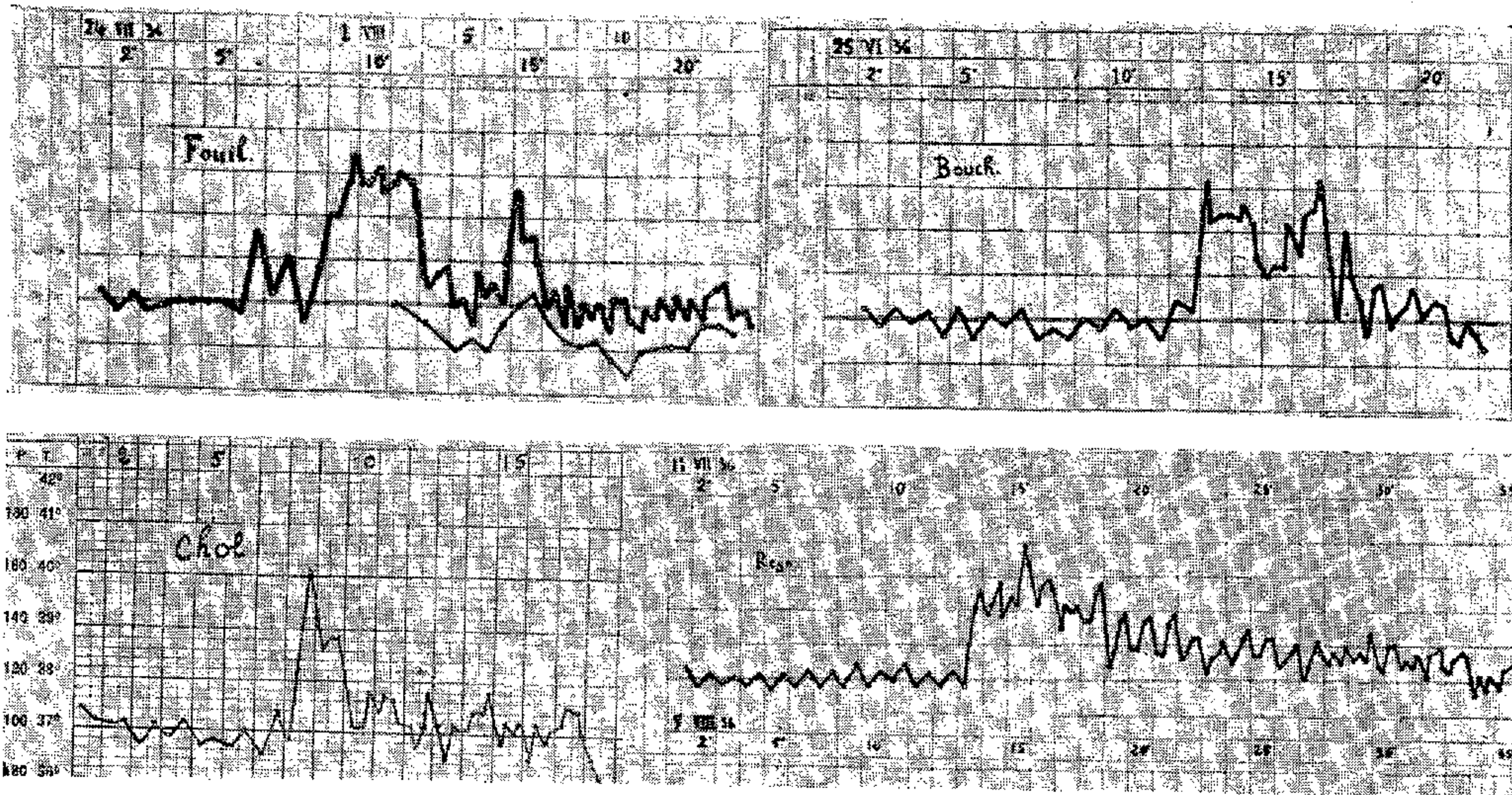
Nous avons pu prélever du sang chez un porcher au quatrième jour de sa maladie. Environ 5 heures plus tard, 25^{cm^3} de ce sang défibriné ont été injectés dans les muscles d'un sujet B. Après une incubation de 12 jours, commença une maladie fébrile à partir de laquelle de nouveaux passages furent effectués par injection de sang sous la peau ou dans les muscles de l'homme. Ces passages sont actuellement au nombre de quatorze et ont porté sur 24 sujets dont 20 ont terminé leur maladie et permettent les observations suivantes :

L'incubation varie de 6 à 12 jours et la durée de la maladie de 3 à 21 jours.

Dans les cas brefs ou de moyenne durée, les courbes thermiques qui atteignent ou dépassent 40° dans leur partie la plus élevée, sont d'allure très variable : tantôt en pyramide à base plus ou moins large, tantôt en plateau régulier ou échancré en son milieu par une rémission qui peut devenir un véritable intervalle apyrétique. Souvent, alors que l'on croyait la maladie terminée depuis plusieurs jours, survient un bref ressaut de quelques heures à 38° ou au-dessus. Les formes prolongées, après un plateau assez élevé de 7 à 8 jours, s'acheminent à l'apyrexie par gradins successifs.

Les tracés ci-dessous montrent combien les formes expérimentales peuvent différer des formes naturelles décrites par le professeur Penso et par Urech.

Le début s'est toujours fait par une phase fébrile sans réaction méningée, avec langue saburrale et troubles abdominaux fréquents. La constipation,



parfois opiniâtre, est de règle au cours de l'incubation; elle peut persister dans les premiers jours de la maladie. Elle est le plus souvent suivie de diarrhée plus ou moins fétide. Le ventre est habituellement ballonné, le foie souvent et la rate éventuellement augmentée de volume.

La réaction méningée est très inconstante. Elle va de 12 à 1400 éléments par bande de la cellule de Nageotte. Souvent, malgré une raideur très nette de la colonne vertébrale, le liquide céphalo-rachidien n'a présenté qu'une réaction nulle ou insignifiante.

L'identité de notre virus avec celui de la maladie des porchers est établie par la symptomatologie objective de nos sujets, dont les manifestations subjectives ne peuvent évidemment entrer en ligne de compte.

C'est ainsi que la conjonctivite a été observée dans la moitié des cas, l'éruption maculo-papuleuse rosée et à envahissement progressif un peu moins souvent; la sudation exagérée a été fréquente. La tendance hémorragique a provoqué chez quatre malades des émissions notables de sang par l'anus, deux fois au cours de la période d'incubation, une fois au cours de la maladie, deux fois au début de la convalescence. Un autre sujet a eu des

crachats teintés de sang. La toux sans grosse localisation pulmonaire n'a pas été rare. Enfin l'albuminurie est fréquente.

Bien qu'il faille se garder de considérer les maladies expérimentales comme les images fidèles des maladies naturelles, il est probable que, parmi les porchers atteints, un certain nombre doit l'être, comme le furent nos sujets, sous une forme clinique moins typique et moins facile à diagnostiquer que la pseudo-méningite de H. Bouchet. Ce fut d'ailleurs le cas du malade origine de notre virus, qui guérit sans avoir jamais présenté de réaction méningée. La maladie doit donc être beaucoup plus fréquente chez l'homme qu'on ne le pensait.

Nos expériences confirment enfin l'innocuité de ce nouvel agent pyrétothérapique.

La séance est levée à 15h50m.

E. P.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MARDI 3 NOVEMBRE 1936.

PRÉSIDENCE DE M. EMMANUEL LECLAINCHE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Secrétaire perpétuel** dépose sur le bureau de l'Académie une brochure intitulée Acta Wrangeliana. MCMXXXVI. N° 1. *L'amiral baron Ferdinand de Wrangell, Correspondant de l'Académie des Sciences de Paris.*

PROTISTOLOGIE. — *Le cycle évolutif de l'*Eleutheroschizon Duboscqui *Brasil. Preuve expérimentale de l'absence de schizogonie chez cette forme et chez la* Siedleckia Caulleryi *Ch. et Villen.* Note [1] de MM. **Édouard Chatton** et **Félix Villeneuve.**

En faisant connaître [2] le cycle évolutif de la *Siedleckia Caulleryi*, Sporozoaire grégariniforme intestinal de l'Aricien *Theostoma Œrstedi*, nous avons signalé les difficultés qu'avait introduites dans son étude la présence constante à ses côtés d'un autre Sporozoaire : l'*Eleutheroschizon Duboscqui* Brasil dont l'histoire était restée, elle aussi, à peu près ignorée. D'où la nécessité, pour ne pas confondre les deux évolutions, de les suivre parallèlement et complètement. C'est aujourd'hui celle de l'*Eleutheroschizon* que nous résumons.

Entre l'*Eleutheroschizon* des *Scoloplos armiger* de la Manche, découvert par Brasil en 1905 [3], et celui des *Theostoma Œrstedi* de l'Étang de Thau,

---

(1) Séance du 26 octobre 1936.

(2) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 505.

(3) *Arch. Zool. exp.*, 4e série, 4, 1905, p. XVII-XXII.

nous ne voyons pas de différences spécifiques. Par contre le cycle du second, que nous décrivons ici, diffère totalement de celui du premier tel que le conçut Brasil. Mais nous pensons que si cet auteur avait pu en observer tous les stades, il nous aurait devancés dans nos conclusions.

Chez le *Theostoma*, comme chez le *Scoloplos*, l'*Eleutheroschizon* coexiste avec la *Siedleckia* dans le tiers antérieur de l'intestin, mais non dans les cæcums œsophagiens, tandis qu'il s'étend au delà d'elle vers l'arrière. Et alors que la *Siedleckia* n'a pas de localisation marquée dans les poches digestives, les *Eleutheroschizon* siègent surtout dans la gouttière ventrale.

Leur forme est celle d'un « casque à mèche », qui repose sur la surface épithéliale par sa base à marge lobulée. L'examen *in vivo* montre tout de suite qu'elle est commune à deux types bien distincts d'individus. Chez les uns le protoplasme est sombre parce que chargé de petits globes réfringents qui ne laissent libres qu'une volumineuse vésicule nucléaire, bien visible en clair. Chez les autres il est hyalin, ne contient que quelques globes plus gros et ne montre aucun noyau. La coloration en révèle cependant de nombreux, fort ténus. Brasil, qui a bien distingué, après coloration, les formes multinucléées des formes uninucléées, a interprété celles-ci comme « devant prendre part » à une évolution sexuée, et celles-là comme des schizontes. Il a vu ces dernières former de très petits vermicules acuminés à noyau apical et pense retrouver ces éléments fichés sur l'épithélium où ils s'accroîtraient en donnant les casques à mèche. Brasil conclut nettement à l'existence d'une schizogonie, tandis que, pour lui, la gamogonie reste encore inconnue. En conséquence il rapproche l'*Eleutheroschizon* des Schizogrégarines.

Nos recherches nous ont convaincus qu'il n'y a pas de schizogonie chez l'*Eleutheroschizon*, que les individus multinucléés ne sont pas des schizontes mais des microgamétocytes, et que les individus uninucléés sont des macrogamontes se muant directement, comme chez les Coccidies, en macrogamètes. Les germes fixés sur l'épithélium ne sont pas des schizozoïtes, mais des sporozoïtes à sexualisation très précoce.

Notre certitude est basée sur les faits suivants :

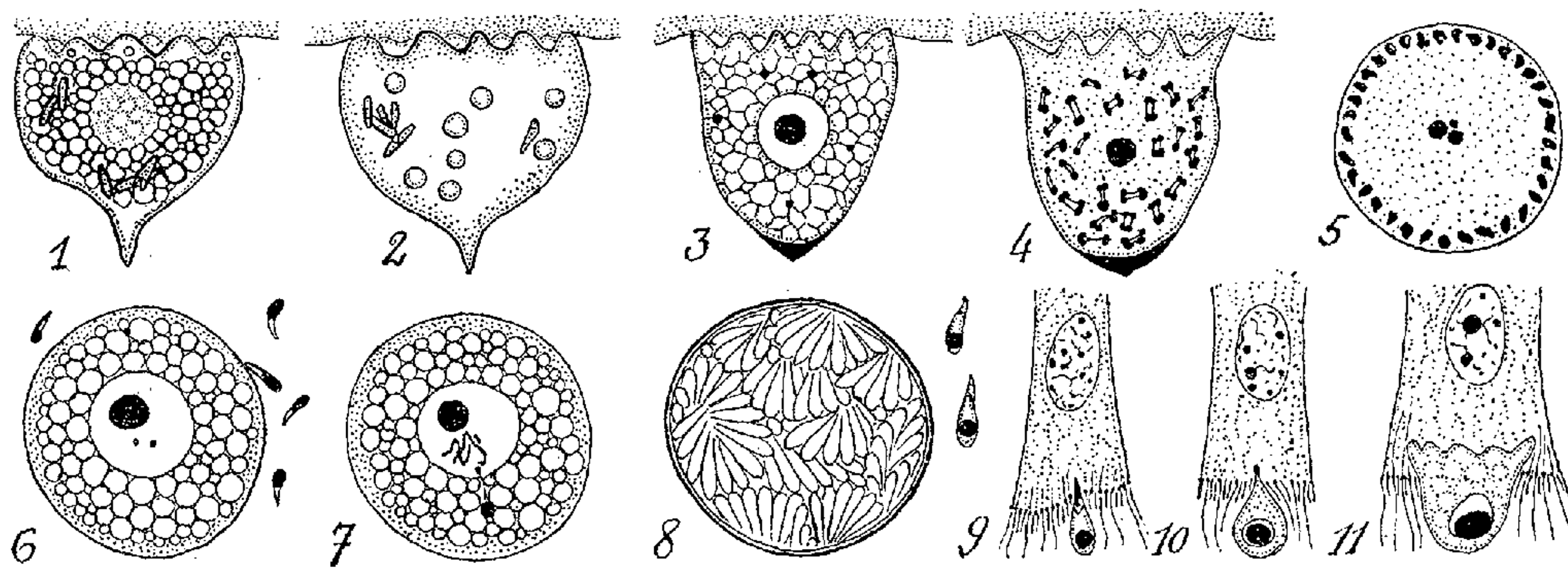
1° Les individus multinucléés, comme les uninucléés, sont, dès qu'ils se détachent de l'épithélium, enrobés dans le flux muqueux intestinal, entraînés par lui et évacués sans qu'ils aient subi de transformation, ce qui élimine la possibilité d'une évolution endogène.

2° Les formes multinucléées libèrent à leur surface, après leur sortie du Ver, dans ses crottes, de très nombreux microgamètes en virgule. On peut

voir, dans ces mêmes crottes, des macrogamètes portant, fichés sur eux, un microgamète.

3° Une partie des individus uninucléés (ceux qui sont fécondés) s'enkystent isolément après évacuation et forment, au bout de trois jours, de très nombreux et très fins sporozoïtes rayonnant en éventail à partir de multiples centres (ookyste asporocysté polyzoïque).

4° Nous avons réparti 20 *Theostoma* dans 20 salières et avons fait de ces salières deux lots de 10 : A et B. Les *Theostoma* du lot A sont transférés chaque jour, pendant 15 jours, dans une salière propre. Ceux du lot B sont laissés pendant tout ce temps dans le même récipient. Au 15e jour, il n'y a de formes jeunes d'*Eleutheroschizon* dans aucun Ver du lot A, tandis que tous les Vers du lot B en ont leur gouttière ventrale entièrement



Eleutheroschizon Duboscqui Brasil. — 1-2, tropho-gamontes ♀ et ♂ *in vivo*; 3-4, après coloration; 5, microgamétocyte; 6-7, macrogamètes, microgamètes et fécondation; 8, sporocyste mûr; 9-10-11, sporozoïtes libres et fixés ou jeunes trophontes.

pavée. Ainsi, en éliminant les ookystes, on tarit l'infestation. C'est la preuve que celle-ci ne se fait point par voie endogène, par schizogonie.

Cette épreuve portait en même temps sur la *Siedleckia Caulleryi*, dont les sporozoïtes mettent aussi de 2 à 3 jours à se former dans les ookystes évacués. Sans donner un résultat aussi massif, les *Siedleckia* sont moins nombreuses et évoluent moins facilement en captivité : l'expérience a abouti à une suppression complète des formes jeunes dans les Vers transférés, s'opposant à une simple raréfaction de celles-ci chez les Vers non transférés.

Pas plus que les *Siedleckia*, l'*Eleutheroschizon* n'est une Schizogrégarine. Ce défaut de schizogonie, caractère eugrégarinien, met les deux genres en contraste avec les Coccidies dont ils se rapprochent cependant nettement

par leur gamogonie eimérienne. Le siège épicellulaire et la polarité très accentuée de leurs trophontes, qui en est connexe, sont aussi grégariniens. Mais il est des Coccidies extracellulaires (*Eimeria mitraria* Laveran et Mesnil, *Cryptosporidium* de Tyzzer) qui pour n'être pas nettement polarisées, doivent cependant être prises en considération. Bref la décision systématique ne dépend que de l'ordre d'importance attribué aux caractères précipités.

Nous avons laissé les *Siedleckia* dans les Grégarines, malgré leur gamogonie eimérienne, en raison de la morphologie vermiculaire et de la mobilité des trophontes et du défaut de schizogonie. L'état plus condensé et l'immobilité des *Eleutheroschizon*, l'existence de Coccidies extracellulaires, laissent prédominer ici, à notre sens, les caractères de la sexualité, y compris ceux de l'ookyste mûr. Nous rattachons donc cette forme aux *Eimeridæ* en en faisant le type d'une famille nouvelle : les *Eleutheroschizonidæ* caractérisée par l'habitat épicellulaire et la polarité marquée des trophontes, le défaut de schizogonie, la gamogonie extracellulaire et la constitution de l'ookyste.

Rappelons que le *Selenococcidium intermedium* de Léger et Duboscq, type des Protococcidies de ces auteurs, a, comme les *Siedleckia* et l'*Eleutheroschizon*, des trophontes grégariniformes en même temps qu'une gamogonie eimérienne, et en outre une schizogonie, toutes deux intracellulaires. Les caractères coccidiens sont ici nettement prédominants. La connaissance de ces trois formes (qui, malgré leurs traits communs, ne nous paraissent pas pouvoir être réunies en un même groupe) atténue considérablement l'importance des limites qui séparaient les Coccidies des Grégarines.

M. **H. Douvillé** fait hommage à l'Académie d'un Mémoire intitulé *Les sables et les argiles granitiques, leur distribution et leur origine*.

PLIS CACHETÉS.

Mme **A. Carratrou** demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 26 octobre 1936 et enregistré sous le n° 11214.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient des *Remarques sur la Règle électro-magnétique de Flemming* [*sic*].

(Renvoi à la Section de Physique.)

M. **Fernand Marnet** demande l'ouverture de deux plis cachetés reçus dans les séances du 17 février 1936 et du 19 octobre 1936 et enregistrés sous les n°s 11146 et 11213.

Ces plis, ouverts en séance par M. le Président, contiennent des Notes intitulées : 1° *Loi générale sur les caractères de divisibilité par un nombre impair quelconque — autre que 5 ou un multiple de 5 —*; 2° *Loi générale sur les Caractères de divisibilité par* $d = 10^k \times p \mp 1$.

(Renvoi à la Section de Géométrie.)

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° F. Blondel. *La Géologie et les Mines des Vieilles Plateformes.*

2° E. Brumpt. *Précis de Parasitologie.* (Présenté par M. L. Lapicque.)

3° A. Sanfourche. *Le contrôle analytique dans l'industrie chimique minérale.* (Présenté par M. M. de Broglie.)

GÉOMÉTRIE. — *Sur la géométrie anallagmatique du tétraèdre.* Note (¹) de M. **Paul Delens**, présentée par M. Élie Cartan.

1. Soit un tétraèdre $\mathfrak{T} \equiv ABCD$, de côtés $DA = a'$, $DB = b'$, $DC = c'$, $BC = a$, $CA = b$, $AB = c$; soient V le volume de $\mathfrak{T}$, R le rayon de la sphère circonscrite, O son centre.

Proposons d'abord une légère modification d'une formule de Von Staudt intéressant le *triangle associé* $\Theta' \equiv (l', m', n')$, de côtés $l' = aa'$, $m' = bb'$, $n' = cc'$, d'angles λ, μ, ν, de surface $\mathfrak{S}'$. Nous substituons à Θ' le triangle associé *normal* $\Theta \equiv (l, m, n)$, où $l = l'/2R$, $m = m'/2R$, $n = n'/2R$, de surface $\mathfrak{S}$. La formule de Von Staudt, $6RV = \mathfrak{S}'$, devient alors

$$V = \frac{1}{3} 2R\mathfrak{S}, \tag{1}$$

plus significative et esthétique; en outre, $2\mathfrak{S} = lh_l$ et la comparaison de (1)

(¹) Séance du 26 octobre 1936.

et $V = 1/6\, aa' X \sin\xi$, où X et ξ sont la plus courte distance et l'angle des arêtes opposées DA et BC, donne $h_l = X \sin\xi$: *les hauteurs du triangle associé normal du tétraèdre sont les produits des plus courtes distances de deux arêtes opposées par le sinus de leur angle.*

2. Soient S_A, S_B, S_C, S_D les faces de $\mathfrak{T}$, S_0 la sphère circonscrite; une opération sphérique (du groupe G_{10} des inversions) transforme cette figure en un *anatétraèdre* [1] à faces sphériques et sa sphère circonscrite, soit un ensemble de 5 sphères concourantes par 4, pour lequel nous conservons les notations S_i relatives à $\mathfrak{T}$. La figure possède 5 invariants conformes, les 10 angles (S_i, S_j) étant liés par 5 relations

$$(2) \qquad F_k = \text{dét}\,|\cos(S_i, S_j)| = 0 \qquad (i, j, k = O, A, B, C, D;\ k \neq i, j)$$

traduisant les concours indiqués.

Considérant toujours à part la sphère S_0, rapportons à cette sphère et aux points A, B, C, D qu'elle porte les 5 invariants conformes de $\mathfrak{T}$. Ceux-ci comprennent d'abord 2 invariants indépendants fournis par λ, μ, ν liés par $\lambda + \mu + \nu = \pi$. Posons maintenant $(S_0, S_A) = A$, $(S_D, S_A) = \mathfrak{A}'$, $(S_B, S_C) = \mathfrak{A}$, etc. Les 4 angles A, B, C, D sont liés entre eux et à λ, μ, ν par une relation qu'on peut déduire de $F_0 = 0$: il suffit d'utiliser pour cela les formules du type

$$(3) \qquad \cos\mathfrak{A} = -\cos B \cos C + \sin B \sin C \cos\lambda,$$

que fournit, en D par exemple, le trièdre formé par OD et les tangentes aux cercles (DAB) et (DAC). On peut obtenir de façon élémentaire l'équation $F_0 = 0$, mais elle semble peu susceptible d'une forme simple et la relation cherchée est ainsi d'apparence très complexe.

3. Suivons une autre méthode. Soient h_i et d_i $(i = A, B, C, D)$ les hauteurs de $\mathfrak{T}$ et les coordonnées normales absolues d'un point M; la puissance de ce point par rapport à S_0 a pour expression

$$p = -\sum_{6} a^2 \frac{d_B d_C}{h_B h_C},$$

facile à transformer en

$$(4) \qquad p = -\frac{2\mathcal{R}^2}{\mathcal{S}} \sum_{6} \frac{\sin\lambda}{\sin B \sin C} d_B d_C;$$

---

[1] J'emprunte l'usage du préfixe *ana*, dans le sens indiqué, à M. G. Bouligand, *Premières leçons sur la théorie générale des groupes*, Paris, 1935, p. 58.

$\mathcal{R}$ est le rayon du cercle circonscrit à Θ et $\mathcal{S} = 2\mathcal{R}^2 \sin\lambda \sin\mu \sin\nu$. En appliquant à O la formule (4), on obtient *l'identité cherchée, valable aussi pour l'anatétraèdre.*

$$(5) \qquad \sum_3 \sin\lambda(\cot D \cot A + \cot B \cot C) = \sin\lambda \sin\mu \sin\nu.$$

Remarquons que, dans le tétraèdre, les angles A, B, C, D sont, aux sommets correspondants, les angles minima principaux des cônes ayant pour bases les cercles circonscrits aux faces triangulaires opposées. Leur emploi systématique permet, grâce à (5) et malgré les complications qu'entraîne l'existence des invariants λ, μ, ν, l'extension au tétraèdre de certaines propriétés angulaires du triangle.

4. Une autre formule intéressante se rattache à (4). Le plan polaire de O pour S_0 est le plan à l'infini, d'où l'identité

$$(6) \quad \frac{1}{2R\sin\lambda\sin\mu\sin\nu}\sum_3 \sin\lambda\left(\frac{\cot D}{\sin A}d_A + \frac{\cot A}{\sin D}d_D + \frac{\cot B}{\sin C}d_C + \frac{\cot C}{\sin B}d_B\right) = \sum_4 \frac{d_A}{h_A} = 1,$$

équivalente encore aux relations

$$(7) \qquad h_A = \frac{2R\sin A\sin\lambda\sin\mu\sin\nu}{\sin\lambda\cot D + \sin\mu\cot C + \sin\nu\cot B}, \qquad \ldots.$$

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Manomètre pour vides élevés.* Note (1) de M. **P. Bonét-Maury**, présentée par M. Jean Perrin.

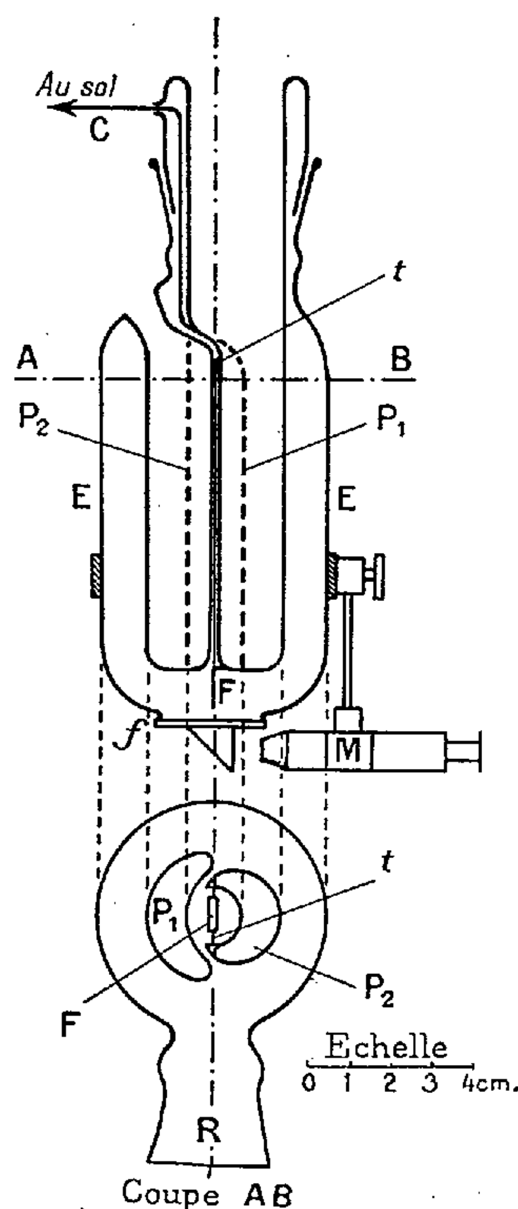
Ce manomètre est du type radiométrique préconisé par Knudsen. On sait que dans ces appareils on mesure les déplacements d'une feuille métallique mince F placée entre deux parois P_1 et P_2 portées à températures inégales T_1 et T_2. Les déplacements de l'extrémité de la feuille, mesurés au microscope M, sont fonction de la pression p et de l'écart des températures $T_1 - T_2$, fonction linéaire pour les pressions inférieures à quelques baryes.

L'appareil, soufflé en pyrex, se compose de deux manchons P_1 et P_2, constituant les deux parois et fixés à l'intérieur d'une enveloppe cylindrique E, comportant une fenêtre f, pour la visée de la feuille et un rodage de raccord R. Chacun des deux manchons est creusé, par soufflage, d'une

(1) Séance du 12 octobre 1936.

gouttière de façon à ménager entre eux une cheminée cylindrique dans laquelle se déplace la feuille. Celle-ci en aluminium battu est fixée sur un fil de tungstène *t* soudé au manchon P_1 et mise soigneusement au sol par le fil *c*. Le manchon P_1 est fixé sur un rodage, ce qui permet un montage très facile de la feuille et sa bonne mise en place entre les deux parois.

L'ensemble de l'appareil, sauf la fenêtre, est argenté intérieurement de



façon que, pour les basses pressions, les deux manchons constituent deux vases Dewar. Ce dispositif est très avantageux car il permet :

1° de remplir d'air liquide le manchon P_1 et d'augmenter ainsi l'écart $T_1 - T_2$ jusqu'à plus de 200°. La sensibilité de l'appareil est ainsi très étendue du côté des basses pressions, cependant que le piège à vapeur de mercure ainsi réalisé assure de très bonnes mesures et simplifie la canalisation;

2° de maintenir, sans circulation d'eau, les deux parois P_1 et P_2 à température constante ou tout au moins si lentement variable que la mesure de la faible correction est facile à chaque instant.

Nous avons en effet observé que, si le manchon central est rempli d'air liquide, la température du manchon P_2 rempli d'eau à la température de la pièce ne varie que d'un demi-degré en 2 heures. Si le manchon central est rempli d'eau chaude à 50°, la température de P_2 ne varie pratiquement pas et P_1 varie de quelques degrés en 2 heures, la variation devenant d'ailleurs faible à partir de ce moment.

L'écart $T_1 - T_2$ étant ainsi bien connu à chaque instant (soit qu'on le maintienne constant, soit qu'on le fasse varier pour modifier la sensibilité de l'instrument) le manomètre donne par lecture directe, sans aucune manipulation, la pression à chaque instant et permet d'en suivre de fines variations. Avec un appareil de dimensions voisines de la figure, on lit très facilement 5.10^{-4} barye avec une feuille de $10^{cm} \times 0^{cm},5$, un microscope grossissant 40 fois et l'air comme gaz résiduel (le manomètre radiométrique est d'ailleurs très peu sensible à la nature du gaz, à l'inverse des autres jauges). On n'aurait aucune difficulté à augmenter cette sensibilité en augmentant le grossissement.

L'appareil est très fidèle et revient à son zéro, c'est-à-dire à la position d'équilibre initial de la feuille, avec une grande régularité dès qu'on égalise les températures T_1 et T_2. On règle d'ailleurs facilement cette position en faisant tourner le manomètre autour du rodage R dont l'axe est parallèle de l'axe de suspension de la feuille et voisin de celui-ci.

En ce qui concerne la construction elle ne présente pas de difficultés, car aucune des dimensions indiquées n'est essentielle, les indications de l'instrument étant, pour des pressions suffisamment basses (quelques baryes pour un écart des parois de l'ordre du centimètre) pratiquement indépendantes de la distance de la feuille aux parois et de la forme de celles-ci, comme nous l'avons vérifié.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Très petite machine de traction à enregistrement photographique et son application à l'étude des fibres textiles.* Note [1] de M. **Pierre Chevenard**, présentée par M. Émile Jouguet.

Dans un travail récent consacré aux propriétés mécaniques des textiles, Mlle Bossuyt [2] a montré l'intérêt à la fois scientifique et pratique d'essayer à la traction une éprouvette formée d'une seule fibre. Ces pro-

(1) Séance du 26 octobre 1936.

(2) *Bulletin de la Société chimique de France*, 3, 1936, p. 1975.

priétés, en effet, sont éclairées par la connaissance des diagrammes *effort-allongement* relatifs au constituant élémentaire, c'est-à-dire à la fibre unique. Les mêmes diagrammes caractérisent avec sensibilité les modifications conférées aux textiles par le décreusage, le blanchiment, le mercerisage, la teinture, etc., ou leurs altérations sous diverses influences: vieillissement, action de la lumière, etc.

Le tracé point par point des diagrammes, auquel s'est astreinte M[lle] Bos-

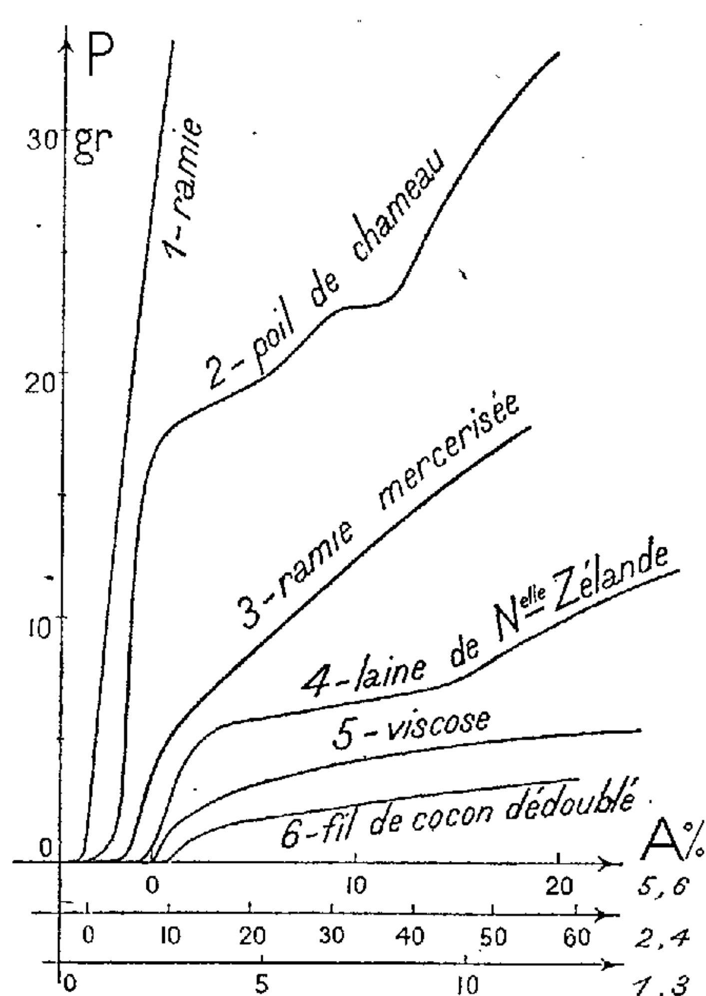


Fig. 1. — Vitesse de traction : 20.10^{-2} par minute.

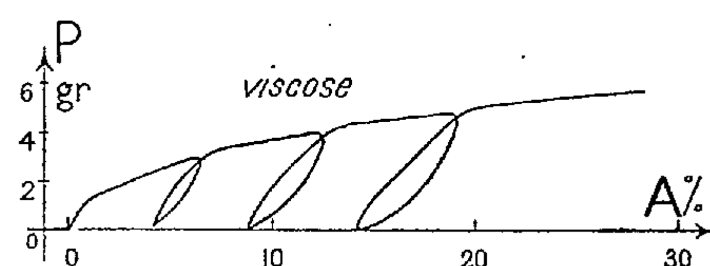


Fig. 2. — Vitesse de traction : $\pm 20.10^{-2}$ par minute.

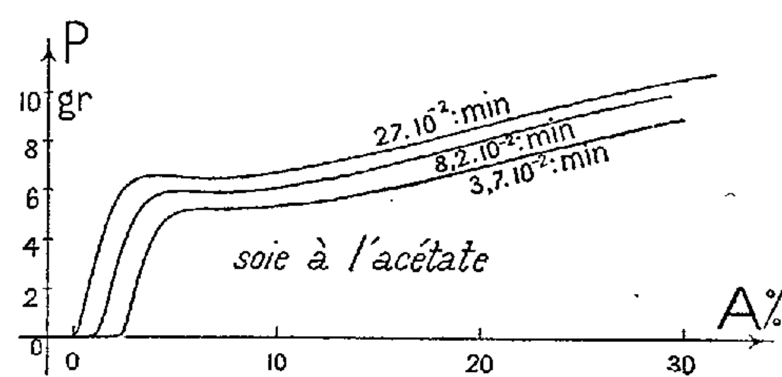


Fig. 3. — Vitesses de traction indiquées au droit de chaque courbe.

suyt, est un travail considérable et fastidieux, d'autant plus que le caractère visqueux de certaines fibres impose la répétition des essais pour des vitesses d'étirage très différentes. Il m'a donc paru qu'un appareil enregistreur, capable de tracer des diagrammes de traction précis sans grande dépense de temps et de main-d'œuvre, favoriserait la diffusion dans l'industrie des méthodes d'étude micromécanique des textiles.

La très petite machine de traction qui vient d'être construite dans ce but au laboratoire de la Société de Commentry-Fourchambault et Decazeville, à Imphy, dérive de la micromachine décrite dans une précédente Note (1).

(1) P. Chevenard, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 212.

Mais elle est réalisée à échelle beaucoup plus petite encore : elle admet des fibres de 1^{mm} à 10^{mm} de longueur, et dont la force de rupture ne dépasse pas une cinquantaine de grammes.

Comme la micromachine, elle comporte un trépied amplificateur à miroir dont les trois pointes forment un triangle rectangle. La pointe de l'angle droit subit, dans une direction normale au plan des trois pointes, un déplacement égal à la flèche d'un ressort auquel est attachée la fibre; une autre pointe accompagne dans son déplacement la mordache mobile qui étire cette fibre; la troisième pointe est fixe. Dans ces conditions la courbe enregistrée par le jeu du miroir a pour ordonnée l'*effort* repéré par la flèche du ressort, et pour abscisse l'*allongement* de la fibre.

La mordache mobile, entraînée par un petit moteur électrique, est mue d'un mouvement parfaitement uniforme; un harnais d'engrenages fournit plusieurs vitesses et un commutateur permet d'inverser le sens de la marche. Tout le mécanisme, convenablement amorti, est soustrait aux trépidations. Grâce à ces précautions, les courbes enregistrées sont nettes et déliées. Les diagrammes groupés dans les figures 1, 2, et 3 montrent la qualité des tracés. Les propriétés visqueuses de certaines fibres peuvent être caractérisées soit par l'enflure, variable avec la vitesse, des cycles *effort-allongement* (*fig.* 2), soit par l'abaissement d'ensemble de la courbe, causé par l'emploi d'une vitesse d'étirage de plus en plus faible (*fig.* 3).

Parmi les applications immédiates de la nouvelle machine, outre l'essai des fils et rubans métalliques très fins, on peut envisager des recherches méthodiques sur les propriétés des textiles et l'institution de méthodes pour identifier les fibres, en vue des expertises et du contrôle industriel.

De plus, il est évidemment facile de construire toute une gamme de machines comprises entre celle qui vient d'être décrite et la micromachine de 1935. Il apparaît donc désormais possible de mesurer avec précision les caractéristiques mécaniques de très petites éprouvettes métalliques, ayant par exemple $0^{mm},1$ de diamètre et 1^{mm} de longueur utile. Seules les difficultés d'usinage de telles éprouvettes sont un obstacle à leur emploi, et c'est pourquoi la micromachine de 1935 a été construite pour rompre des barreaux ayant au moins 1^{mm} de diamètre. Mais on peut espérer vaincre ces difficultés, grâce aux techniques d'usinage employées dans l'industrie horlogère. Une fois ce résultat obtenu, et puisqu'on est sûr de pouvoir enregistrer le diagramme de traction de ces microéprouvettes, un nouveau pas sera franchi dans l'exploration mécanique quasi ponctuelle des pièces et assemblages métalliques hétérogènes.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur les mouvements presque circulaires dus à une forme voisine de l'attraction newtonienne.* Note de M. **Jean Chazy**, présentée par M. Ernest Esclangon.

J'ai donné ([1]) deux calculs de l'avance du nœud d'une planète sous l'action d'un anneau circulaire homogène; je me propose de compléter l'un de ces calculs et de préciser l'équivalence des résultats obtenus.

1. Faisons d'abord une remarque. *Quand un point matériel a un mouvement circulaire* ([2]) *sous l'action d'une force voisine de l'attraction newtonienne, l'excentricité osculatrice diffère de zéro en général;* et le grand axe osculateur diffère du diamètre, le moyen mouvement osculateur diffère de la vitesse angulaire, de quantités de l'ordre de l'excentricité.

Supposons que la force corrective passe au centre O de l'attraction newtonienne, et en valeur algébrique dépende seulement de la distance au point O : reprenons les hypothèses et notations antérieures en considérant une orbite circulaire située dans le plan de symétrie Π, mais en désignant ici le rayon de cette orbite et la vitesse angulaire du mouvement par α et ν. Les éléments osculateurs a, e, n correspondants sont déterminés à chaque instant par les équations

$$\alpha = a(1 \mp e), \qquad \nu^2\alpha^4 = \mu a(1 - e^2), \qquad n^2 a^3 = \mu.$$

Égalant l'accélération normale à la force donnée, on obtient comme antérieurement

$$\nu^2\alpha^3 = -\alpha^2 F'_\alpha = \mu - \alpha^2 R'_\alpha,$$

et l'on déduit

$$\frac{n}{\nu} = \frac{(1 \mp e)^2}{\sqrt{1 - e^2}} \qquad \text{et} \qquad \pm e = R'_\alpha : \left(-\frac{\mu}{\alpha^2}\right).$$

Donc, dans les hypothèses considérées, *l'excentricité osculatrice e est égale au rapport de la force corrective à l'attraction du corps central.*

L'attraction d'un anneau circulaire homogène est à l'extérieur dirigée vers le centre, et à l'intérieur dirigée à l'opposé du centre. Donc, si une planète P a un mouvement circulaire sous l'action d'un anneau circulaire homogène et du corps central lui-même, l'excentricité osculatrice est diffé-

([1]) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 706.

([2]) Toutes les orbites circulaires et tous les anneaux circulaires considérés ont pour centre le point O où est placé le corps central.

rente de zéro, et chaque point de l'orbite de la planète P est le périhélie ou l'aphélie de l'ellipse osculatrice correspondante, selon que l'anneau est intérieur ou extérieur à cette orbite. Mais si plusieurs anneaux, les uns intérieurs, les autres extérieurs, agissent sur la planète P, la force R'_α et l'excentricité e peuvent s'annuler. Ajoutons que ces circonstances trouvent leur application dans le système solaire, puisque, selon le principe de la méthode de Gauss, l'action séculaire sur la planète P d'une autre planète animée d'un mouvement circulaire équivaut à l'action d'un anneau circulaire homogène.

2. Dans l'étude des mouvements considérés précédement, j'ai remplacé la dérivée de la longitude dl/dt par le moyen mouvement n, tandis qu'on a rigoureusement

$$l = nt + l_0, \qquad \frac{dl}{dt} = n + t\frac{dn}{dt} + \frac{dl_0}{dt}.$$

Or, si l'on forme le système différentiel de Lagrange, on constate que la dérivée de/dt est la somme du terme $R'_a \sin u/na$ et de termes nuls avec e et i : donc, dans les mouvements considérés, l'excentricité e prend nécessairement des valeurs de l'ordre de la quantité R'_a, et inversement on peut dire que, comme dans les mouvements circulaires, la quantité R'_a est de l'ordre de l'excentricité. On constate d'autre part que la dérivée da/dt, et par suite la dérivée dn/dt, sont d'ordre 2 en e et i, et que la dérivée dl_0/dt est la somme du terme $-2R'_r/na$ et de termes d'ordre 2 en e et i. Au total, avec une erreur de l'ordre des carrés e^2 et i^2, on peut remplacer la dérivée dl/dt, non par n, mais par

$$n_1 = n - \frac{2}{na} R'_r, \qquad \text{d'où} \qquad \frac{d\alpha}{dt} = n_1 + \frac{q}{n}\sin^2\alpha.$$

Et l'on déduit

$$\delta\Omega = \int_0^{2\pi} \frac{d\alpha}{1 + \frac{q}{nn_1}\sin^2\alpha} - 2\pi = 2\pi\left(\frac{1}{\sqrt{1 + \frac{q}{n^2}}} - 1\right),$$

avec une erreur relative de l'ordre de l'excentricité et du carré de l'inclinaison.

Ainsi la dernière formule est valable, avec une erreur relative du même ordre, soit que a, figurant dans q, et n représentent le rayon et la vitesse angulaire du mouvement circulaire limite, soit qu'ils représentent le demi-grand axe et le moyen mouvement osculateurs.

PHYSIQUE GÉNÉRALE. — *De l'influence d'un champ magnétique sur l'atome d'hydrogène.* Note de M. **Émile Sevin**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Du fait de l'intervention d'un champ magnétique $\vec{H}$, le mouvement d'un électron et d'un proton autour de leur centre de gravité est un mouvement relatif. Désignons par m_0 et m'_0 les masses des deux particules, v et v' les valeurs absolues de leurs vitesses, $-e$ et $+e$ leurs charges, c la vitesse de la lumière et posons $m_0/m'_0 = v'/v = x$. L'électron et le proton sont respectivement soumis aux forces

$$F = -e\left[\frac{\vec{v}}{c}.\vec{H}\right] \qquad \text{et} \qquad F' = e\left[-\frac{\vec{v'}}{c}.\vec{H}\right] = -e\left[\frac{\vec{v'}}{c}.\vec{H}\right],$$

qui sont parallèles et de même sens et il s'ensuit qu'une force

$$\varphi = -e\left[\frac{\overrightarrow{v+v'}}{c}.\vec{H}\right] = -e(1+x)\left[\frac{\vec{v}}{c}.\vec{H}\right]$$

se trouve appliquée au centre de gravité. Le mouvement considéré est donc bien relatif et la force qui agit sur l'électron, dans ce mouvement, vaut :

$$-e\left[\frac{\vec{v}}{c}.\vec{H}\right] + \frac{m_0}{m_0+m'_0}e(1+x)\left[\frac{\vec{v}}{c}.\vec{H}\right] = -e(1-x)\left[\frac{\vec{v}}{c}.\vec{H}\right].$$

Il s'introduit ainsi une correction, dont on tiendra compte en remplaçant $\vec{H}$ par $\vec{H}(1-x)$, et la précession de Larmor s'écrit sous la forme symétrique suivante :

$$\mathcal{L} = -\frac{1}{2}\frac{e\vec{H}(1-x)}{m_0 c} = -\frac{1}{2}\frac{e\vec{H}}{c}\left(\frac{1}{m_0}+\frac{1}{m'_0}\right)\frac{1-x}{1+x}.$$

Mais nous savons que, déjà en dehors de l'action de tout champ magnétique, le mouvement des particules autour de leur centre de gravité est relatif; cela tient à la variation des masses en fonction des vitesses et, s'il n'en résulte rien de particulier pour les trajectoires fondamentales circulaires, par contre les trajectoires elliptiques en rapport avec la structure fine sont caractérisées par l'intervention d'une force φ' appliquée au centre de gravité et orientée vers le péricaryon; or, celui-ci tournant avec une vitesse angulaire uniforme Ω', ce centre décrit une circonférence

de rayon $\mathcal{R}'$ avec une vitesee V′ et il apparaît un moment cinétique C′ (¹).

Ces grandeurs jouent un rôle essentiel dans la stabilité des orbites de la structure fine et il est bien entendu qu'elles satisfont à la relation $\varphi' = (m_0 + m'_0)\Omega'^2\mathcal{R}'$. Celle-ci nous montre que, si un champ magnétique vient à intervenir, la précession de Larmor entraînant la direction du péricaryon, pour que les orbites en cause conservent leur caractère, il convient que la vitesse angulaire totale puisse être considérée comme restant uniforme; pour qu'il en soit ainsi, il faut que $-\mathcal{L}/\Omega'$ soit assez petit, par rapport à 1, pour qu'on en puisse négliger le carré et, α étant l'angle de la direction du champ magnétique avec la normale au plan de l'orbite, la vitesse angulaire totale a alors pour expression $\Omega' + \mathcal{L}\cos\alpha$. Si $-\mathcal{L}$ est voisine de Ω', le caractère des orbites de la structure fine est déjà profondément modifié; on se trouve dans le stade moyen de l'effet Paschen-Back. Enfin, si $-\mathcal{L}/\Omega'$ est notablement plus grand que 1, ces orbites sont détruites et l'effet Paschen-Back est complet.

Nous sommes ainsi conduit à calculer le rapport $-\mathcal{L}/\Omega'$; $\mathcal{T}$ étant la durée de révolution des orbites, v_0 la valeur prise par v au moment du passage au péricaryon et n le nombre quantique total, il vient

$$\frac{-\mathcal{L}}{\Omega'} = \frac{1}{2}\,\frac{e\mathrm{H}}{m_0 c}\,\frac{\mathcal{T}}{2\pi}\,2\,\frac{c^2}{v_0^2} \simeq \frac{n^5\,137^5 e^3\,\mathrm{H}}{(m_0 c^2)^2},$$

et il est égal à l'unité pour

$$\mathrm{H} = \frac{(m_0 c^2)^2}{n^5\,137^5 e^3} = \left(\frac{2}{n}\right)^5 3700 \text{ gauss.}$$

L'influence antistabilisatrice d'un champ magnétique dépend donc de n^5, et un champ 490 gauss a un effet aussi marqué, pour $n = 3$, qu'un champ de 3700 gauss, pour $n = 2$.

Nous avons enfin à vérifier qu'un champ magnétique, même faible, n'introduit pas, dans la grandeur ou la direction du moment cinétique C′, des perturbations progressives susceptibles de détruire les trajectoires de la structure fine. Un observateur lié à C′ voit le centre de gravité tourner avec une vitesse angulaire $-\mathcal{L}$, de sorte que, dans son système, ledit centre est soumis à une force de Coriolis et à la force φ

$$2(m_0 + m'_0)[\mathrm{V}'.(-\mathcal{L})] - e(1+x)\left[\frac{\vec{v}}{c}.\vec{\mathrm{H}}\right].$$

(¹) Pour les expressions en cause, voir une Note aux *Comptes rendus* (200, 1935, p. 644) développée dans la *Revue générale de l'Électricité* (39, 1936, p. 207 et suiv.).

Or, en remplaçant les grandeurs qui interviennent par leurs expressions et en effectuant le calcul, on constate que la force de Coriolis équilibre la partie de la force magnétique qui est due à l'excentricité et, de ce fait, C′ ne subit que des perturbations périodiques. *C'est cette remarquable particularité qui permet à l'effet Zeeman anormal de se manifester.* Dès lors le théorème concernant la dérivée du moment cinétique montre que la grandeur de C′ varie fort peu et que sa direction décrit un cône dont le demi-angle au sommet vaut $n^3\, 137^3 e^3 \mathrm{H}/(m_0 c^2)^2 \cos\alpha/\varepsilon$ (ε étant l'excentricité des orbites) et, comme $n^5\, 137^5 e^3 \mathrm{H}/(m_0 c^2)^2$ est notablement plus petit que 1, le premier terme est lui-même notablement inférieur à la petite grandeur quantique $1/137^2 n^2$.

CAPILLARITÉ. — *Mouvement des surfaces liquides contaminées.* Note (¹) de M. **Roger Mérigoux**, présentée par M. Henri Villat.

I. J'ai décrit (²) les perturbations qu'une couche monomoléculaire grasse introduit dans les mouvements de la surface d'un liquide. On peut se rendre compte du mécanisme de ces phénomènes en faisant ruisseler de l'eau propre le long d'un plan incliné trempant dans une cuvette d'eau dont la surface a été contaminée par de l'acide oléique. On observe alors qu'un large bourrelet plat s'édifie le long du plan incliné à l'encontre du ruissellement.

La figure 1 représente ce phénomène, que l'on peut rendre particulièrement visible par une forte coloration de l'eau.

Du talc, projeté sur le ruissellement, montre que la couche monomoléculaire d'acide gras remonte jusqu'au front supérieur du bourrelet. L'épaisseur de celui-ci est supérieure à celle de la nappe qui ruisselle en amont cependant que le débit est le même dans ces deux régions. C'est donc qu'un ralentissement de la vitesse d'écoulement se produit dans le bourrelet; ce ralentissement sous la couche grasse montre l'existence d'un frottement entre la couche monomoléculaire et le liquide circulant dessous. C'est ce frottement qui équilibre et limite l'expansion de la couche ainsi comprimée.

On trouve que la longueur l du bourrelet est sensiblement proportionnelle à la pression superficielle p de la couche monomoléculaire qui conta-

---

(¹) Séance du 26 octobre 1936.

(²) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 2049.

mine l'eau située dans la cuvette. On peut en déduire, en écrivant que les éléments de la couche sont en équilibre, comme on le fait pour l'équilibre des fils, qu'il existe un même coefficient de frottement pour tous les points de l'interface acide oléique-eau.

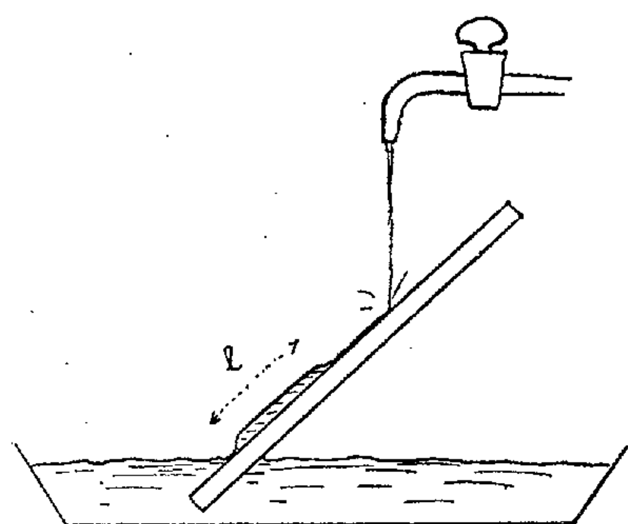


Fig. 1.

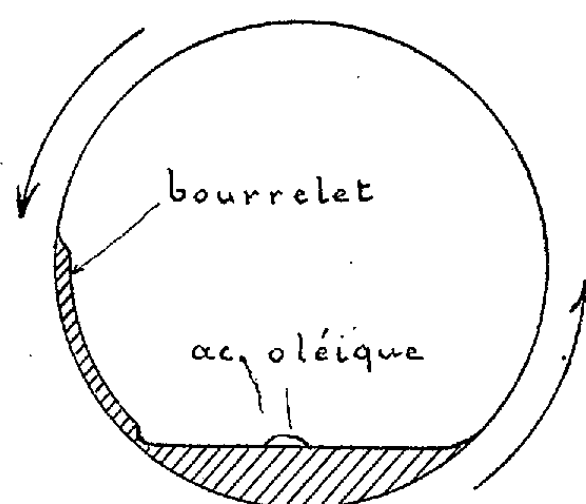


Fig. 2.

Ce coefficient de frottement varie avec la vitesse d'écoulement de l'eau; c'est-à-dire avec le gradient de la vitesse de l'eau qui circule sous la couche.

Le phénomène est donc assimilable à une viscosité.

Les molécules d'acide oléique sont donc ancrées à la surface de l'eau. Un déplacement relatif de ces molécules par rapport au liquide support entraîne une résistance au mouvement. L'assimilation d'une couche diluée à un gaz parfait ne doit donc pas être poussée plus loin qu'un simple rapprochement de formules.

II. L'évaluation du gradient de vitesse de l'eau sous la couche d'acide oléique peut être effectuée avec l'expérience simple du flacon horizontal tournant (*loc. cit.*), schématisée par la figure 2. Pour une vitesse tangentielle de 24 cm/sec et une saturation de la couche d'acide ($p = 30$ dynes) un bourrelet s'élève à $2^{cm},5$ (cela représente un coefficient de frottement de 12 dynes/cm²). L'épaisseur du bourrelet est estimée à $0^{cm},02$ et le calcul du débit de l'eau entraînée conduit à penser que la vitesse des couches liquides varie uniformément du verre à la couche grasse immobile; ce qui représente un gradient de 480 cm/sec/cm. Le quotient du coefficient de frottement 12/480 donne une viscosité de 0,016 C. G. S. (pour l'eau à 15° : 0,011). Si l'on admet donc la presque immobilité de l'eau contiguë à l'acide, tout semble se passer comme si le frottement entre l'acide et l'eau était du même ordre que le frottement entre deux couches d'eau contiguës.

PHYSIQUE. — *La détermination expérimentale de la mobilité dans un gaz de petites sphères.* Note (1) de M. **Félix Ehrenhaft.**

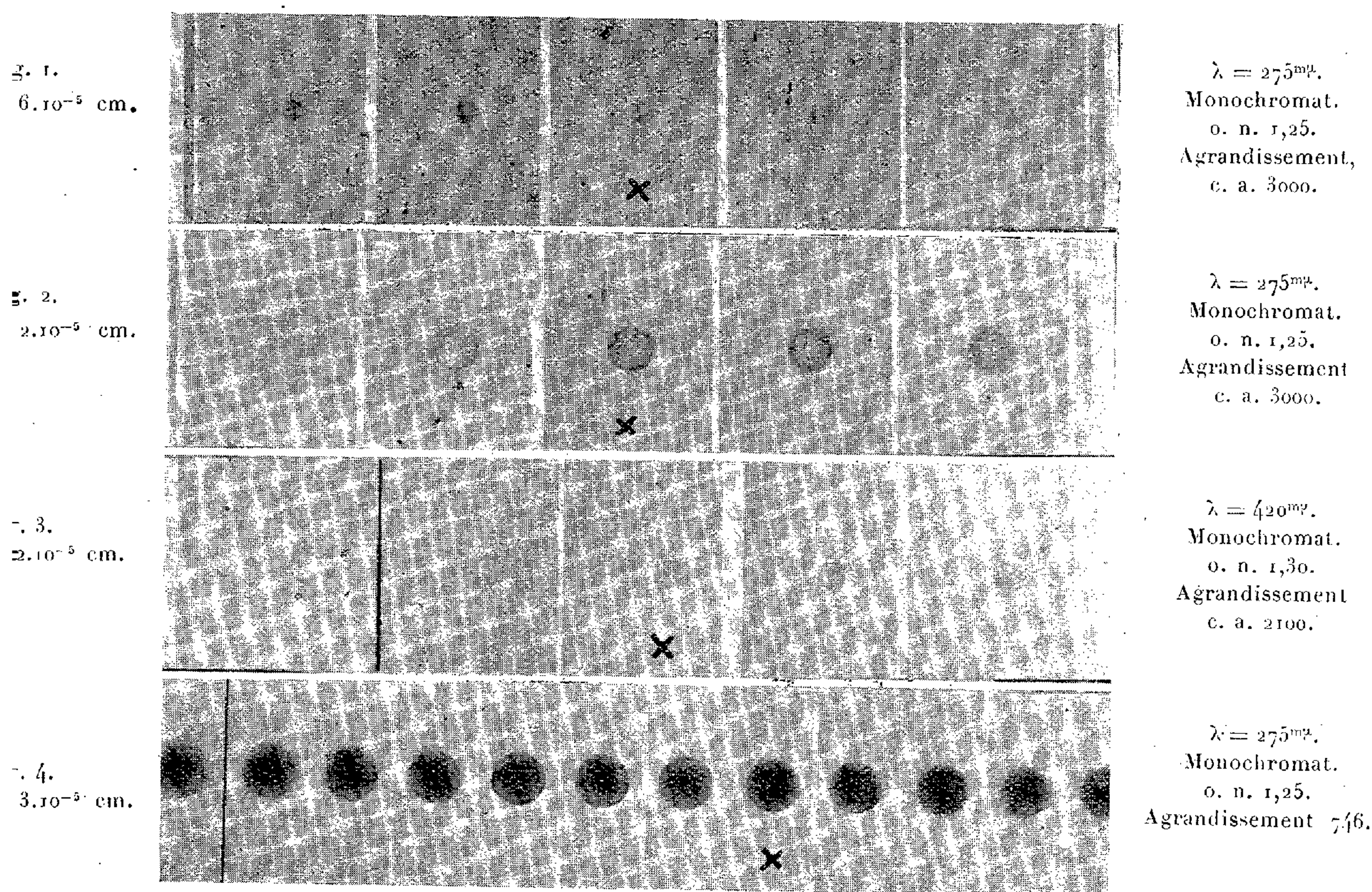
La détermination de la grandeur et du poids de particules sphériques isolées est très importante pour la solution de maints problèmes (2). Quand on connaît le poids d'une particule sphérique flottant dans un gaz, on peut comparer ce poids avec d'autres forces physiques; on peut donc, par exemple, déterminer dans le condensateur d'Ehrenhaft, la charge électrique de ladite sphère. Une telle particule tombe dans un gaz avec une vitesse finale constante v, qui est proportionnelle à la force efficace. La constante de proportionnalité B est dite mobilité. Jusqu'ici la mobilité fut empruntée à des lois théoriques (lois de Stokes, Stokes-Cunningham). Ce qui manquait jusqu'ici, c'est un examen expérimental de ces lois par rapport à des particules de densité connue, et de dimensions égales à une ou plusieurs longueurs d'onde lumineuses.

Pour exécuter ledit examen expérimental on produisait, par pulvérisation mécanique de cire de Carnauba fondue pure dans de l'azote absolument pur, des goutelettes, qui se solidifient en sphères parfaitement lisses. La densité des particules fut contrôlée par mesure de la densité de la matière pulvérisée; elle se trouvait en plein accord avec la densité de la substance macroscopique. Après avoir mesuré la vitesse de chute d'une telle sphère dans le condensateur d'Ehrenhaft, on précipita cette sphère, grâce à une manipulation spéciale, sur une lamelle de verre d'Uviol ou de quartz qui, de son côté, fut disposée verticalement à l'intérieur du condensateur. Pendant ce processus la sphère fut constamment observée. La position de la sphère sur la lamelle fut fixée par des coordonnées. Ensuite on enlève la plaquette du condensateur et on fait des microphotographies de la sphère précipitée sur la lamelle à l'aide de lumière ultraviolette (raie de cadmiun $\lambda = 275^{m\mu}$) et avec des objectifs monochromatiques de quartz d'ouvertures numériques maxima (1,25). C'est une quinzaine ou une vingtaine de photographies que l'on fait à peu près de chaque sphère en faisant varier l'élévation ($2,5.10^{-5}$ cm) du microscope. En examinant les photographies

(1) Séance du 18 août 1936.

(2) Ehrenhaft, *Comptes rendus*, **158**, 1914, p. 1071; **182**, 1926, p. 1158; **190**, 1930, p. 263; Voir aussi la Communication n° O. C. faite au Congrès international d'Électricité, Paris, 1932; 1re Section.

on parvient à choisir celle qui se distingue par la netteté la plus grande de l'équateur de la sphère et on arrive à trouver ainsi le rayon de la particule sphérique, en mesurant le négatif original à l'aide d'un comparateur. Ci-jointe se trouve une série de reproductions de photographies de ces sphères. Les considérations qui suivent feront ressortir l'exactitude des mesures microscopiques.



Le rayon mesuré demeure constant, quand on fait des microphotographies ultraviolettes de particules d'un rayon de 5.10^{-5} cm et au-dessus, en photographiant d'abord avec une ouverture numérique 1,25, puis avec des ouvertures bien plus faibles. Jusqu'à la limite d'une ouverture numérique de 0,85 les particules d'un rayon de 5.10^{-5} cm présentent un rayon constant. Pour un rayon de 9.10^{-5} cm, la grandeur du rayon sera constante jusqu'à la limite d'une ouverture numérique de 0,48; pour un rayon de 21.10^{-5} cm, cette constance sera maintenue sans doute jusqu'à une ouverture numérique de 0,3. En outre on a fait une microphotographie de la sphère de 9.10^{-5} cm de rayon, de telle manière que ladite particule fut microphotographiée une fois avec la lumière du sodium et une fois avec de la lumière bleue,

mais toujours avec des apochromatiques d'ouverture numérique maxima (1,3 et 1,4). Ces photographies fournirent le même résultat que celles qui avaient été faites avec de la lumière ultraviolette. Quand il s'agit d'une particule de 9.10^{-5} cm, l'augmentation du rayon due à la diffraction n'apparaît qu'en appliquant une ouverture numérique de 0,35 et au-dessous. Il faut ajouter que la mesure directe des particules coïncide avec la grandeur constatée microphotographiquement. Il s'agit encore de déterminer l'erreur des rayons mesurés microphotographiquement.

Pour comparer l'expérience avec la loi primitive de Stokes, on mesura la vitesse de chute de la même particule de la pression atmosphérique, jusqu'à 15 atmosphères, en mesurant ensuite la particule à l'aide d'une microphotographie. Ainsi l'on parvient à déterminer d'une manière purement expérimentale la vitesse de chute qu'aurait la particule en cas d'un libre parcours moyen des molécules infiniment petit, et à déterminer aussi la mobilité correspondante. Dans le cas d'un libre parcours moyen des molécules infiniment petit, la mobilité théorique est donnée par la loi de Stokes. Ces recherches sont continuées avec mes collaborateurs et élèves, MM. W. Bibl, A. Lustig, E. Reeger et P. Selner.

Mais, en vertu de la relation entre la vitesse de chute et le rayon de sphères de densité connue, relation qui fut trouvée grâce aux expériences susdites, la détermination de la charge électrique de ces particules par la méthode d'Ehrenhaft et de Millikan est devenue possible, sans avoir recours à aucune loi théorique de résistance.

ÉLECTRICITÉ. — *Saturation électrique dans les liquides purs et leurs mélanges.* Note de MM. **Arcadius Piekara** et **Bruno Piekara**, présentée par M. Aimé Cotton.

Les recherches expérimentales de différents auteurs (1) ont montré que le champ électrique, appliqué à un liquide polaire, diminue sa constante diélectrique, comme l'a prévu la théorie de Debye. Mais la diminution trouvée était plus petite que celle donnée par la théorie. On attribuait ces écarts à l'association des dipôles (2). Afin d'étudier le rôle de l'association

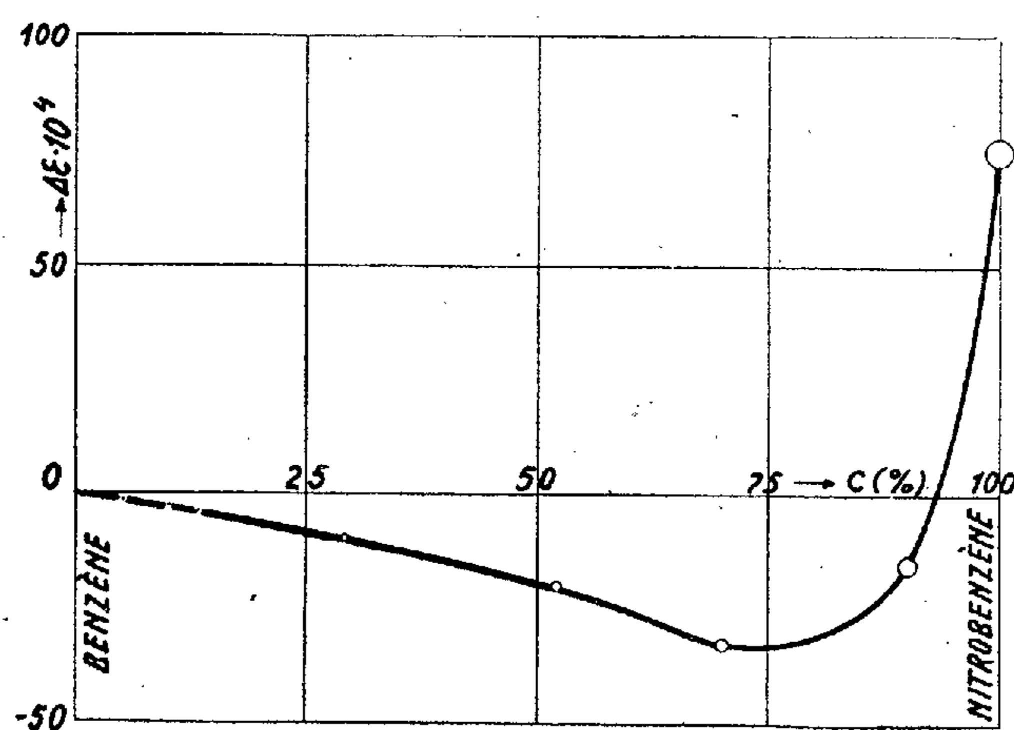
(1) J. Herveg et W. Pötsch, *Zeitschr. f. Phys.*, 8, 1921, p. 1; F. Kautsch, *Phys. Zeitschr.*, 29, 1928, p. 105; J. Malsch, *Phys. Zeitschr.*, 29, 1928, p. 770; 30, 1929, p. 837; H. Gunderman, *Ann. der Phys.*, 6, 1930, p. 545.

(2) Cf. P. Debye et H. Sack, *Theorie der elektrischen Molekulareigenschaften*, Leipzig, 1934; O. Fuchs et K. L. Wolf, *Dielektrische Polarisation*, Leipzig, 1935.

dans le phénomène de la saturation électrique, nous avons examiné l'influence du champ électrique sur la constante diélectrique des mélanges de nitrobenzène et de benzène de différentes concentrations.

La méthode utilisée (une méthode de résonance) et les détails des mesures seront publiés prochainement. Cette méthode permettait d'éliminer l'influence de la conductibilité des liquides et de son changement dû à l'action d'un champ électrique. La haute tension continue était fournie par un multiplicateur de tension ([1]) réalisé par l'un de nous. Les liquides ont été plusieurs fois distillés et très soigneusement desséchés.

Les résultats des mesures sont représentés sur la figure. $\Delta\varepsilon$ désigne le



changement de la constante diélectrique sous l'action du champ électrique. Le champ appliqué était de 70000 volts/cm; la température $-21°$. On voit que l'effet, qui pour le benzène pur est nul, est d'abord négatif pour les faibles concentrations (diminution de la constante diélectrique). Sa valeur absolue croît, lorsque la concentration augmente, jusqu'à un certain maximum à 75 pour 100 environ, diminue ensuite et enfin atteint une valeur *positive* de 75×10^{-4} pour le nitrobenzène pur.

L'allure de cette courbe nous indique que l'hypothèse de l'association seule ne suffit pas pour expliquer le changement de signe de l'effet. L'association, qui augmente avec la concentration ([2]), diminue le nombre de dipôles libres participant à la polarisation diélectrique; c'est pourquoi $|\Delta\varepsilon|$ décroît. Mais le fait que $\Delta\varepsilon$ devient positif nous semble indiquer que le phénomène observé résulte de deux effets de signes opposés : l'un, négatif, qui

---

([1]) A. Piekara, *Acta Phys. Pol.*, 4, 1935, p. 345.

([2]) Cf. A. Piekara, *Bull. Ac. Pol.*, A, 1933, p. 333.

est dû, d'après la théorie de Debye, à la saturation électrique ($-\Delta\varepsilon_{sat.}$); l'autre, positif, qui serait d'une autre origine [1]; ce dernier se manifeste quand l'association fait diminuer suffisamment l'effet de la saturation.

Comment donc expliquer les écarts entre nos mesures (pour le nitrobenzène pur) et ceux de Malsch? A cet égard nous avons effectué plusieurs mesure de $\Delta\varepsilon$ sur différents échantillons de nitrobenzène, qui ont été plus ou moins purifiés et desséchés. Les résultats des mesures du changement $\Delta\varepsilon$ de la constante diélectrique dans un champ de 35000 volts/cm et de la conductibilité σ (mesurée dans le même champ) sont rassemblés dans le tableau ci-dessous :

Nitrobenzène.	σ (ohm^{-1}.cm^{-1}).	$\Delta\varepsilon$.
Deux fois distillé, desséché avec l'oxyde d'aluminium anhydre	$4,4.10^{-11}$	$+2,4.10^{-2}$
Deux fois distillé, desséché avec l'oxyde d'aluminium anhydre (autre échantillon).......	8,6 »	+0,9 »
Deux fois distillé, non desséché.............	4.10^{-10}	−2,7 »
Commercial, de la Maison Kahlbaum, « von bestimmten Brechungs-exponenten ».......	10 »	$-1-2.10^{-2}$ env. [2]
Le même, avec une goutte d'eau.............	11 »	−1−2 » [2]
D'après J. Malsch (*loc. cit.*).................	–	$-0,7.10^{-2}$ env.

On voit que seul le nitrobenzène fortement desséché montre un effet positif. L'augmentation de la conductibilité fait apparaître un effet négatif, qui paraît être plutôt lié avec le mouvement des ions qu'avec la saturation électrique propre.

Dans la figure ainsi que dans le Tableau nous avons donné les valeurs de $\Delta\varepsilon$ mesurées, sans faire les corrections tenant à l'effet électrocalorique ($\Delta\varepsilon_{cal.}$) et à l'électrostriction ($\Delta\varepsilon_{él.}$). Ces deux effets, quoique laissés de côté par les auteurs précédemment cités, ne sont pas tout à fait négligeables. Par exemple pour le nitrobenzène, dans un champ de 70000 volts/cm, pour lequel l'effet mesuré $\Delta\varepsilon = 75 \times 10^{-4}$, on obtient par un calcul simple : $\Delta\varepsilon_{cal.} = -15 \times 10^{-4}$ et $\Delta\varepsilon_{él.} = +19 \times 10^{-4}$. La correction globale reste assez petite (elle est encore plus petite pour les solutions peu concentrées). Ces corrections seront discutées ailleurs.

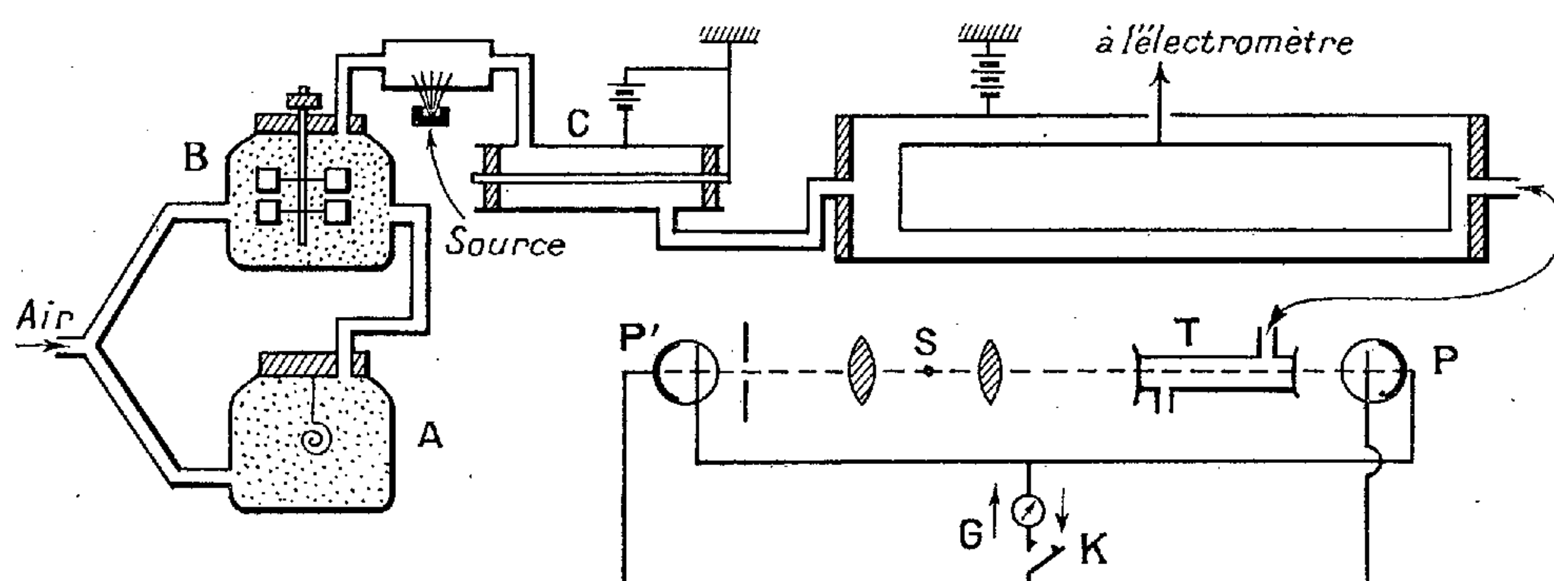
---

(1) Il semble possible qu'il soit provoqué par une déformation des molécules sous l'action d'un champ extérieur. L'effet résultant serait donc : $\Delta\varepsilon = -\Delta\varepsilon_{sat.} + \Delta\varepsilon_{déf.}$ (cf. A. Piekara, *Acta Phys. Pol.*, 2e Partie, 4, 1935, p. 163).

(2) Ces nombres ne sont pas précis, à cause d'une trop grande conductibilité (échauffement du liquide).

IONISATION. — *Sur la numération des particules en suspension dans l'air.* Note (¹) de M. **Ouang Te-Tchao**, présentée par M. Paul Langevin.

Pour dénombrer les particules d'une fumée homogène mise en suspension dans l'air, nous avons employé une méthode nouvelle, qui consiste à utiliser le fait que certaines de ces particules peuvent être électrisées sous l'action d'un rayonnement, pour en extraire un certain nombre par passage de l'air dans un condensateur cylindrique chargé. En divisant les quantités d'électricité recueillies sur les armatures du condensateur par la charge



d'une particule, que l'on peut admettre égale à la charge élémentaire, on obtient le nombre n des particules extraites. La fraction f que ce nombre représente par rapport au nombre N des particules initialement présentes, se mesure d'autre part, photoélectriquement, par la diminution d'opacité qui résulte de l'extraction. Le quotient n/f donne N.

Description du montage. — Les fumées produites constamment dans le flacon A sont entraînées dans le flacon B avec une vitesse constante et y sont mélangées avec de l'air sec dans une proportion déterminée. Ce mélange traverse une petite chambre d'ionisation irradiée du polonium. (Une série de diaphragmes en plomb permet de faire varier l'intensité ionisante.) Ce mélange pénètre ensuite dans un petit condensateur c convenablement chargé pour que tous les petits ions soient éliminés. A l'arrivée dans le condensateur cylindrique D, il ne reste que les gros ions. Si l'on applique sur le condensateur D une tension convenable, une partie des

(¹) Séance du 19 octobre 1936.

gros ions est captée par les électrodes. (Pour coller à la paroi les grains chargés, on applique une couche de mélasse sur les deux armatures.) La méthode décrite par M. Langevin ([1]) permet de dénombrer le nombre de ces particules en divisant la charge Q recueillie par l'armature intérieure par la charge élémentaire.

On peut mesurer les deux concentrations de fumée en utilisant l'absorption de l'intensité lumineuse. Les rayons parallèles venant de S, après avoir traversé le tube T (20^{cm} de longueur), tombent sur la surface sensible d'une cellule photovoltaïque P, montée en série avec une cellule identique P'. Un galvanomètre G permet de mesurer la différence des courants débités par ces deux cellules.

Soient I_0, I les intensités de la lumière avant et après avoir traversé le tube T, on a

$$I = I_0\, e^{-\alpha x c},$$

α étant le coefficient d'absorption pour l'unité de concentration, x la concentration, c la longueur du tube.

Si nous désignons par x, x' les concentrations de la fumée primitive et de la fumée après avoir capté les grains chargés, par I, I' les intensités lumineuses respectivement obtenues; si nous choisissons I_0 comme unité d'intensité ($\log_e I_0 = 0$). On a

$$\frac{\log_e I'}{\log_e I} = \frac{x'}{x} = k.$$

Soit N le nombre des particules contenues par centimètre cube dans le flacon B, on peut écrire

$$(1) \qquad N = n_+ + n_- + n_0,$$

n_+ représentant le nombre des particules chargées positivement par centimètre cube captées par l'armature intérieure, on a $n_+ = Q_+/eU$, Q_+, charge positive recueillie par seconde; U, débit du courant d'air; e, charge élémentaire. Si l'on renverse le sens du champ $n_- = Q_-/eU$.

Le nombre total n des particules captées est $n_+ + n_-$ ou encore $N - n_0$, n_0 représentant les particules non captées. Il est évident que

$$(2) \qquad \frac{x'}{x} = \frac{n_0}{N} = k = 1 - f,$$

([1]) *Comptes rendus*, **140**, 1905, p. 305.

d'où, en tenant de (1) et (2),

$$N = \frac{n}{f} = \frac{n_+ + n_-}{1 - k}.$$

En faisant varier le champ et l'intensité ionisante, nous avons trouvé expérimentalement par cette méthode un ordre de grandeur invariable pour N. Voici un exemple des résultats obtenus (champ = 120 volts) :

Intensité ionisante.	n_+.	n_-.	n_-/n_+.	k.	N.
100 pour 100 ...	$9,08.10^5$	$9,32.10^5$	1,03	0,956	$4,0.10^7$
90 » ...	8,63	8,79	1,02	0,957	4,0
65 » ...	6,16	6,46	1,04	0,970	4,2
40 » ...	4,70	4,75	1,01	0,977	4,1
25 » ...	4,14	4,16	1,01	0,980	4,1
8 » ...	3,31	3,50	1,05	0,983	4,0

En faisant varier le champ, N reste sensiblement constant.

	Intensité ionisante (pour 100).					
Champ.	100.	90.	65.	40.	25.	8.
80 volts..	$N = 4,0.10^7$	$4,1.10^7$	$4,2.10^7$	$4,5.10^7$	$4,2.10^7$	$4,0.10^7$
120 » ..	$N = 4,0$	4,0	4,2	4,1	4,1	4,0
160 » ..	$N = 3,7$	3,7	3,7	3,7	3,7	3,9

Il semble que le rapport n_-/n_+ est indépendant de l'intensité ionisante et du champ électrique. Si l'on augmente trop le champ, la valeur obtenue pour N diminuera par le fait qu'une partie des particules neutres seront déviées par le champ et absorbées par le condensateur sans apporter de charge électrique aux armatures.

MAGNÉTISME. — *Sur le calcul du moment magnétique des ions.* Note (¹) de MM. **Gabriel Foex** et **Charles Fehrenbach**, transmise par M. Pierre Weiss.

Cabrera a montré que, lorsque le coefficient d'aimantation d'un paramagnétique ne suit pas la loi de variation thermique régulière

$$\chi(T - \Theta) = C, \qquad (1)$$

les résultats des mesures peuvent être représentés d'une manière satisfai-

(¹) Séance du 26 octobre 1936.

sante par [1]

(2) $$(\chi + a)(T - \Theta) = C.$$

On a en général admis avec Cabrera que la substance est alors le siège de deux phénomènes indépendants : le paramagnétisme régulier qui serait représenté par (1) et, suivant le signe de a, un dia- ou paramagnétisme constant $\chi = a$. L'introduction de la correction a dans la formule revient à dégager le phénomène régulier de ce phénomène parasite. Il en résulte que la constante de Curie C doit être utilisée comme celle qui figure dans (1) pour le calcul des moments.

Si au contraire le paramagnétisme variable est plus compliqué que celui qui répond à (1), par exemple par la variation du moment qui entraîne la variation de la constante de Curie, a est une correction purement empirique et la constante C qui figure dans (2) est dénuée de signification physique.

Nos mesures, *extrêmement précises*, sur l'aimantation de $CoCl^2$ anhydre montrent que c'est la deuxième alternative qui s'impose. Elles ont été représentées dans la figure en portant l'inverse du produit χT en fonction de l'inverse de la température. Cette représentation, très sensible, met en évidence les moindres écarts de la loi (1) qui est elle-même représentée par une droite [2].

Les 50 mesures se placent soit sur la courbe A (voir figure), soit sur la ligne brisée B, C, formée par deux portions de droites. La courbe s'obtient en descendant rapidement, les droites en descendant lentement de 600°K.

Les états de la substance représentés par les droites obéissent à (1) et donnent les moments 24,72 et 25,68 qui sont parmi les moments régulièrement observés pour Co''.

La courbe A et la droite B se confondent aux températures élevées. Aux basses températures la courbe admet une asymptote fournissant le même moment que la droite C. Il y a donc par les deux trajets A et BC passage du moment 25,67 au moment 24,70 ; le passage est progressif dans l'un des cas, très brusque dans l'autre. *La courbure de la branche* A *décèle donc, non pas un diamagnétisme superposé, mais une variation du moment avec la température.*

La courbe A est bien représentée par une formule de Cabrera avec $a = 4,72 . 10^{-6}$, $\Theta = 18,4$ °K, $C = 0,0285$.

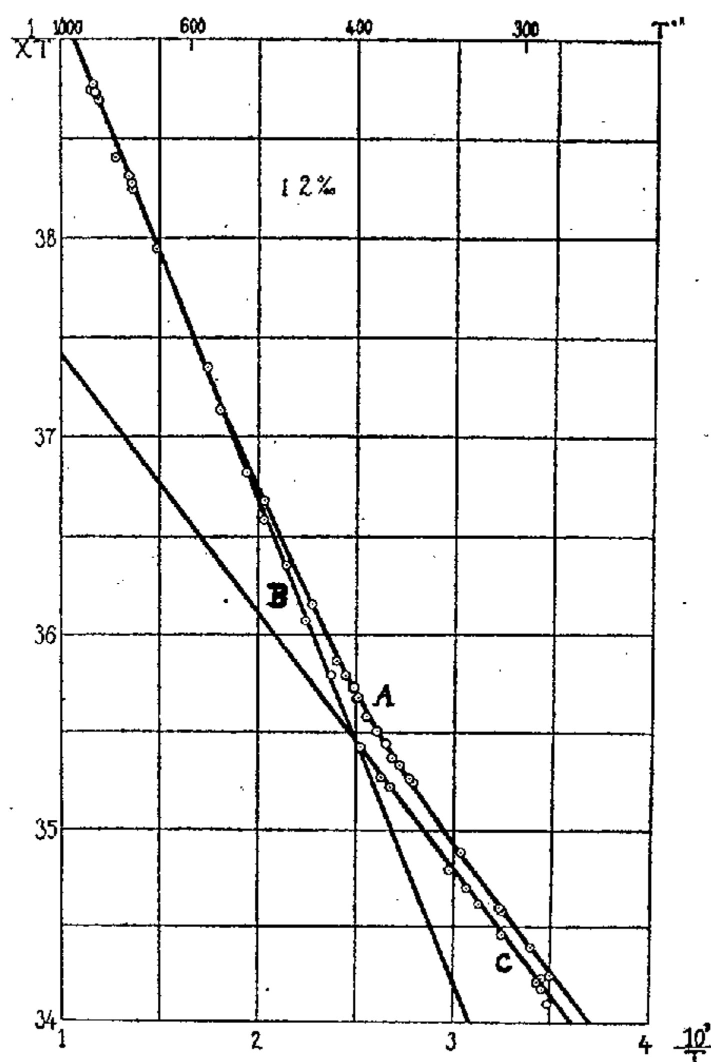
---

(1) CABRERA et DUPERIER, *Comptes rendus*, 188, 1929, p. 1640.

(2) P. WEISS, *J. de Phys.*, 1, 1930, p. 1.

Le moment que l'on calculerait à partir de cette valeur de C est de 27,0 magnétons, il est plus élevé que tous ceux qui ont été obtenus dans le cas de la variation régulière suivant (1). En outre le diamagnétisme représenté par *a* est d'un ordre de grandeur plus élevé que les diamagnétismes normaux.

Il en est souvent de même lorsqu'on utilise pour le calcul les constantes C



de la formule de Cabrera : les moments ainsi trouvés diffèrent des moments réguliers bien connus que l'on obtient pour le même ion à partir de composés qui obéissent à la loi (1).

Dans le cas du néodyme les mesures de plusieurs auteurs ont bien établi au moyen de 7 composés obéissant à la loi (1), l'existence de deux moments réguliers 18,6 et 19,2 ([1]).

Par contre le sulfate anhydre et l'oxyde qui obéissent à la formule (2) avec un *a négatif* ont donné à Cabrera et Duperier les moments ([2]) 17,19 et 16,99 *plus faibles*. Le chlorure, en solution aqueuse, représenté par (2)

([1]) Cabrera et collaborateurs, *Bol. Acad. Madrid*, 1, 1935, p. 1 et 2; Selwood, *J. Am. chem. Soc.*, 55, 1933, p. 3161-3177.

([2]) *An. Soc. Espanola Fis. y Quim.*, 27, 1929, p. 671.

avec *a positif* donne des moments dépassant 20 ([1]) bien *supérieurs* aux moments réguliers.

Pour les composés dont les propriétés sont représentées par la formule de Cabrera le calcul du moment reste donc problématique. Il y a lieu de chercher pour eux, si un traitement thermique approprié ne ferait pas apparaître, comme pour $CoCl^2$, des états qui, obéissant à la loi (1), permettraient une détermination exacte de la constante de Curie.

SPECTROSCOPIE — *Sur le spectre d'absorption du cæsium.* Note de MM. **Ny Tsi-Zé** et **Weng Wen-Po**, présentée par M. Charles Fabry.

Avec le dispositif décrit ([2]), nous avons retrouvé toutes les raies ou bandes déjà observées du cæsium à côté des membres de la série principale ([3]) et découvert d'autres nouvelles en portant la température du tube d'absorption jusqu'à 500° C. environ. Suivant leur positions et leur ordre d'apparition aux diverses températures, nous les avons classées empiriquement en séries, comme nous avons fait pour celles du potassium et du rubidium ([4]). Les séries E et G sont identifiées aux séries de combinaisons $6S - mD$ et $6S - mS$.

Il est cependant aussi naturel de faire entrer dans un même groupe les raies ou bandes voisines d'un même membre de la série principale et de chercher les relations qui peuvent exister entre elles, comme B. K. Chakraborti ([5]) vient de le faire pour le potassium. A titre d'exemple, les nombres d'ondes de ces raies ou bandes voisines de $6S - 10P$ et de $6S - 12P$ sont groupées respectivement dans les tableaux suivants :

n.	*n''*......	0.		1.	
0...............		28471	46	28425	
	113				126
1...............		28584	33	28551	
	108				
2...............		28692			
	103				
3...............		28795			
	103				
4...............		28895			

([1]) CABRERA, ESPURZ et MENENDEZ, *Bol. Acad. Madrid*, 1, 1935, p. 2.

([2]) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1428.

([3]) NY TSI-ZÉ et CHOÒNG SHIN PIAW, *Journal de Physique*, 6, 1935, p. 203.

([4]) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 429.

([5]) B. K. CHAKRABORTI, *Indian Journ. of Physics*, 10, 1936, p. 155.

n.	*n*''..... 0.		1.	
0	29759	26	29733	
	79			83
1	29838	22	29816	
	77			73
2	29915	26	29889	

La possibilité de les classifier ainsi comme des têtes de bandes suggère leur origine moléculaire.

6S — *m*P.	A.	B.	C.	D.	E.	F.	G.
3888,85	–	–	–	–	–	–	–
3876,39	–	–	–	–	–	–	–
–	3695,1	3659,5	3628,7	3859,9	3837,2	3828,0	–
–	3679,1	3645,8	–	3855,2	3834,2	–	–
3617,41	–	–	–	–	–	–	–
3611,52	–	–	–	–	–	–	–
–	3517,0	3501,4	3484,3	3606,2	3594,1	3585,0	–
–	3511,3	3497,4	–	3603,2	3592,6	–	–
3480,13	–	–	–	–	–	–	–
3476,88	–	–	–	–	–	–	–
–	3418,0	3409,3	3402,0	3471,8	3467,2	3459,9	–
–	3413,6	3405,4	–	–	3465,6	–	–
3400,00	–	–	–	–	–	–	–
3398,14	–	–	–	–	–	–	–
–	3362,3	3352,9	3350,5	3394,5	3392,5	3388,3	–
–	3359,3	–	–	–	–	–	–
3348,72	–	–	–	–	–	–	–
3347,44	–	–	–	–	–	–	–
–	3323,4	3317,3	–	3344,8	3341,9	–	–
–	3321,1	3315,8	–	–	–	–	–
3314,04	–	–	–	–	–	–	–
3313,16	–	–	–	–	–	–	–
–	3295,5	–	–	3311,2	–	3309,7	3299
–	3293,3	–	–	–	–	–	–
3289,13	–	–	–	–	–	–	–
3288,56	–	–	–	–	–	–	–
–	3276,7	–	–	–	–	3286,5	3279
–	3274,4	–	–	–	–	–	–
3270,44	–	–	–	–	–	–	–
–	3259,6	–	–	–	–	3268,3	3263
3256,66	–	–	–	–	–	–	–

Nous observons à la température de 450° C. Entre 6S — 8P et 6S — 9P d'une part et entre 6S — 12P et 6S — 13P d'autre part, deux systèmes des

bandes qui n'ont pas été antérieurement signalés et dont les longueurs d'onde de quelques têtes des bandes sont indiquées ci-dessous :

3800 3794 3788 3758 3735 Å

et

3339,8 3338,1 3336,4 3334,4 3332,7
3330,8 3329,0 3327,3 3325,6 Å.

POLARISATION ROTATOIRE. — *Étude du dichroïsme circulaire de solutions de camphre dans l'eau et dans les acides.* Note de MM. **Georges Bruhat** et **Pierre Guénard**, présentée par M. Aimé Cotton.

La solubilité du camphre dans l'eau est faible; elle permet pourtant de réaliser des solutions, contenant 1^g de camphre dans 100^{cm^3}, qui donnent dans la bande cétonique des dichroïsmes parfaitement mesurables : sous une longueur de 50^{mm}, on a par exemple une ellipticité de $58'$ pour $\lambda = 3021$ Å. Les courbes de dichroïsme circulaire et de dispersion rotatoire de ces solutions sont tout à fait analogues à celles que fournissent les solutions étendues de camphre dans les solvants organiques (¹); *le dichroïsme circulaire spécifique y atteint la même valeur maximum* $\varphi_m = 3600$ degrés/dm; mais *la longueur d'onde pour laquelle le dichroïsme circulaire est maximum et la rotation s'annule est plus petite* ($\lambda_0 = 2900$ Å au lieu de 3000 Å), et d'autre part *la bande de dichroïsme est plus étroite*, sa demi-largeur n'est plus que $\delta = 120$ Å, au lieu de 170 Å. Cette diminution de largeur correspond à une diminution de la dissymétrie totale (aire de la courbe de dichroïsme) et par suite à une diminution de la rotation théorique produite par la bande cétonique active dans le spectre visible : nous avons calculé, à partir de la courbe de dichroïsme, un pouvoir rotatoire spécifique $[\alpha]_D = 65°$, au lieu de 97° pour les solvants organiques; le pouvoir rotatoire observé est $[\alpha]_D = 24°$, au lieu de 60° dans le cyclohexane.

Lorsqu'on ajoute de l'acide sulfurique à la solution dans l'eau, l'absorption augmente considérablement pour les courtes longueurs d'onde, ce qui rend les mesures moins précises. Nous avons toutefois pu constater que, pour toutes les solutions étudiées, y compris une solution dans SO^4H^2 pur et une solution dans l'acide chlorhydrique de densité 1,19, la courbe de dichroïsme reste identique à la courbe donnée par la solution dans l'eau

(¹) G. Bruhat et P. Guénard, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 784.

($\varphi_m = 3600°$ par décimètre, $\delta = 120$ Å); seule la position de la bande de dichroïsme dans l'échelle des longueurs d'onde est modifiée : la longueur d'onde λ_0 du maximum diminue à mesure que la concentration en acide croît, et n'est plus que $\lambda_0 = 2600$ Å pour la solution dans SO^4H^2 pur.

Par contre, comme l'ont déjà montré J. Lecompte et J. Perrichet [1], les courbes de dispersion rotatoire sont profondément modifiées. Pour les solutions suffisamment concentrées en acide, la rotation, négative dans le spectre visible, s'annule une première fois au début de l'ultraviolet, passe par un maximum positif, puis s'annule une seconde fois dans la région d'absorption. C'est ce deuxième zéro qui correspond à l'effet Cotton, le premier correspondant à une rotation anormale par superposition d'une rotation droite et d'une rotation gauche. La courbe expérimentale de dispersion rotatoire est toujours au-dessous de la courbe théorique correspondant à la courbe de dichroïsme observée; la différence des ordonnées augmente rapidement quand la longueur d'onde diminue, et est d'autant plus grande, pour une longueur d'onde donnée, que la concentration en acide est plus forte. Les modifications de la dispersion rotatoire dues à l'addition d'acide apparaissent ainsi comme le résultat de la superposition de deux effets différents : d'une part *la bande cétonique active se déplace vers les courtes longueurs d'onde sans que son importance varie*, d'autre part *la rotation gauche*, dont on doit toujours admettre la superposition à la rotation droite pour représenter l'ensemble de la courbe de dispersion rotatoire du camphre, *augmente beaucoup d'importance sans que sa dispersion devienne anormale dans la région que nous avons étudiée* ($\lambda > 2600$ Å).

L'ensemble des résultats que nous avons obtenus pour des solutions de camphre dans des solvants organiques, dans l'eau et dans des acides, montre que les modifications que subit, d'une solution à l'autre, la bande cétonique active dextrogyre sont de trois types : il peut y avoir *déplacement de la bande cétonique active dans l'échelle des longueurs d'onde*, *variation de largeur*, ou enfin *variation de la valeur maximum du dichroïsme*. Si l'on compare entre elles les solutions étendues dans les divers solvants organiques, il n'y a que des variations du premier type. Lorsqu'on passe de ces solutions aux solutions étendues dans l'eau et les acides, il n'y a que des variations des deux premiers types. Enfin nous avons observé des variations du troisième type — les seules qui suggèrent assez nettement l'idée d'une variation du nombre des molécules actives dextrogyres — en passant des

[1] *Revue d'Optique*, 14, 1935, p. 399.

solutions étendues aux solutions concentrées (15 à 20^g dans 100$^{cm^3}$) dans les solvants organiques.

L'existence de ces trois types de modifications fait qu'il est impossible de tirer des conclusions certaines de l'étude de constructions géométriques simplifiées, telles que le diagramme de Darmois, qui supposent essentiellement que la courbe de dispersion rotatoire d'une forme moléculaire donnée ne subit pas de déplacement dans l'échelle des longueurs d'onde lorsque l'on passe d'une solution à une autre. *L'analyse correcte ne peut être faite que par les courbes de dichroïsme, et cette analyse montre que la plus grande partie des variations de rotation observées doit être attribuée à de tels déplacements.* Elle met en évidence la complexité des phénomènes, et montre les difficultés auxquelles on se heurte dans leur interprétation par des transformations chimiques : c'est ainsi que, dans les diverses solutions étendues, même dans les acides, la constance du maximum de dichroïsme semble indiquer la constance du nombre de molécules actives dextrogyres, cependant que la variation de la composante gauche de la rotation semble indiquer une variation du nombre et de la nature des molécules lévogyres.

OPTIQUE. — *Sur la structure du photon.* Note de M. **Théodore V. Ionescu**, présentée par M. Aimé Cotton.

La théorie du photon que j'exposerai dans cette Note est en relation étroite avec celle de l'électron que j'ai exposée récemment [1].

J'ai considéré alors l'électron comme un anneau de charge électrique l_0 et de masse m_0 roulant sans glisser; le rayon de cet électron variant en raison inverse de la vitesse. En considérant le modèle de Bohr de l'atome d'hydrogène, on trouve que si un électron passe d'une orbite d'ordre $n+1$ sur une orbite d'ordre n, l'énergie émise est donnée par

$$\frac{1}{2} m_0 . V_n^2 - \frac{1}{2} m_0 . V_{n+1}^2 = \frac{h\nu_n - h\nu n+1}{2} = h\nu_r.$$

J'admettrai dans ce qui suit que le photon est formé de deux masses en forme d'anneau de charges $-e_r$ et $+e_r$ créées, ou détachées de l'atome, au moment de l'émission de la radiation ν_r. Ces masses électriques $-e_r$ et $+e_r$ se déplacent avec la vitesse (c) de la lumière, et jouissent des mêmes propriétés que l'électron lui-même : elles roulent sans glisser pendant le déplacement; prises ensemble elles ont un moment mécanique égal à celui perdu

(1) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 537.

par l'électron quand il passe de l'orbite d'ordre $n+1$ à l'orbite n. Elles ont aussi un moment magnétique égal à la variation du moment de l'atome.

Ces deux particules électriques, que j'appellerai *particules photoniques*, seront couplées électriquement et magnétiquement pour former un photon.

Voyons maintenant quelles sont les propriétés qu'on peut attribuer au photon en considérant le principe des forces vives, la quantité de mouvement, le moment mécanique (cinétique), et aussi la variation du moment magnétique de l'atome.

1. Je désignerai par $\mu_r/4$ la masse qui entre dans le calcul de l'énergie cinétique de rotation ou de translation d'une particule photonique; la masse totale du photon étant μ_r.

Si la fréquence de rotation d'une particule photonique est ν_r, on a

$$\frac{C}{2\pi\nu_r} = \frac{C}{\omega} = r, \tag{2}$$

où r est le rayon de la particule photonique. L'énergie cinétique d'une telle particule sera composée de l'énergie de rotation et de celle de translation

$$\text{E cinétique} = \frac{1}{2}\frac{\mu_r}{4}C^2 + \frac{1}{2}\frac{\mu_r}{4}\omega^2 r^2 = \frac{\mu_r}{4}C^2.$$

Pour les deux particules photoniques formant le photon, on a

$$2\,E_c = \frac{\mu_r}{2}\times C^2.$$

Cette relation nous donne, dans le cas d'une émission lumineuse,

$$\frac{1}{2}m_0\times V_n^2 - \frac{1}{2}m_0\times V_{n+1}^2 = \frac{1}{2}\mu_r C^2 = h\,\nu r.$$

A un électron de masse m_0 et de vitesse V correspond une longueur d'onde $\lambda_e = h/m_0 V$. Dans le cas d'une particule photonique nous aurons $\lambda_r = 2h/\mu_r C$, car la masse totale d'une seule particule sera dans ce cas $\mu_r/2$. Si l'on passe aux fréquences d'émission nous obtiendrons

$$\frac{C}{\lambda_r} = \nu_r = \frac{\mu_r C^2}{2h} = \frac{\nu_n - \nu_{n+1}}{2}.$$

On sait que la fréquence lumineuse émise pendant le passage d'un électron d'une orbite à l'orbite suivante est déterminée par la relation $E = h\nu$ et l'on est obligé ainsi d'introduire un oscillateur virtuel qui vibre avec la fréquence déterminée par cette dernière relation. Dans le cas de la présente théorie il n'est plus besoin d'un tel oscillateur.

2. L'énergie de translation du photon est $\mu_r C^2/4$, ce qui donne, pour la quantité de mouvement,

$$\frac{d}{dC}\left(\frac{\mu_r}{4}C^2\right) = \frac{\mu_r}{2}C = \frac{h\nu_r}{C},$$

ce qui est en accord avec la théorie classique et la théorie quantique.

3. Le moment mécanique du photon est donné par

$$\frac{d}{d\omega}\left(\frac{\mu_r}{4}r^2\omega^2\right) = \frac{\mu_r}{2}r^2\omega.$$

Il sera égal au moment mécanique perdu par l'atome, ce qui nous donne

$$\frac{\mu_r}{2}r^2\omega = \frac{h}{2\pi}$$

et, en remplaçant r^2 par C^2/ω^2, on a

$$\frac{\mu_r C^2}{2}\,\frac{1}{2\pi.\nu_r} = \frac{h}{2\pi}, \qquad \text{c'est-à-dire} \qquad \frac{\mu_r C^2}{2} = h\nu_r.$$

4. Le moment magnétique d'une particule de masse μ_r et de charge e_r, et dont la fréquence de rotation est $\omega_r/2$, est donné par $\pi r^2/C\,e_r\,\omega_r/2\pi$. En posant $r = C/\omega_r$, on a

$$\frac{C\,e_r}{4\pi.\nu_r} = \frac{\lambda_r\,e_r}{4\pi}.$$

Écrivons que le moment magnétique d'une particule photonique est égal à la moitié du moment magnétique perdu par l'atome

$$\frac{C e_r}{4\omega.\nu_r} = \frac{1}{2}\,\frac{e_0 h}{4\pi m_0 C},$$

on obtient, en posant $\lambda_e = h/m_0 C$,

$$\frac{e_r}{e_0} = \frac{\lambda_e}{2\lambda r} = \frac{\nu_r}{2\nu_e} = \frac{h\nu_r}{2h\nu_e} = \frac{\mu_r C^2}{4m_0 C^2} = \frac{\mu_r}{4m_0}.$$

On voit donc que deux photons de fréquence ν'_r et ν''_r ont leurs masses d'inertie et leurs charges électriques proportionnelles aux fréquences ν'_r et ν''_r.

Lorsque la fréquence d'une radiation sera telle qu'on ait $e_r/e_0 = 1$, nous aurons alors $\mu_r = 4m_0$ et l'énergie du photon sera $\eta_r C^2/2 = 2m_0 C^2$. Elle sera deux fois plus grande que l'énergie de l'électron ($m_0 C^2$) et l'expérience [1] montre qu'un tel photon peut être décomposé en deux électrons

[1] I. Curie et F. Joliot, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1105.

de charge $+e_0$ et $-e_0$; si $h\nu_r > m_0 C^2$, nous aurons la relation

$$h\nu_r - 2m_0 C^2 = 2\left(\frac{1}{2} m_0 V^2\right).$$

PHYSIQUE EXPÉRIMENTALE. — *Sur l'application des méthodes de l'optique électronique à la spectrographie de masse.* Note de M. **Louis Cartan**, présentée par M. Maurice de Broglie.

Il est toujours important, en spectrographie de masse, de recueillir la plus grande fraction possible des ions positifs émis par la source. Les faisceaux produits par décharge dans un ballon à gaz, par exemple, s'étalent, après passage à travers le trou de la cathode, dans un angle solide qui est de l'ordre du radian carré. Les premiers spectrographes de masse (Thomson, Aston) en isolaient un pinceau fin à l'aide d'un second trou collimateur. On préfère aujourd'hui focaliser le faisceau par déviation magnétique à 180° (Dempster) ou par déviation électrique à 127° [Hugues et Rojansky (1)].

Nous sommes parvenu à obtenir une focalisation équivalente, sans déviation, par l'emploi de lentilles analogues à celles qui ont été expérimentées en optique électronique, où le champ est à symétrie de rotation autour d'un axe qui coïncide avec la direction du faisceau. La difficulté est de réaliser un dispositif qui n'exige pas de champ trop énorme. Les lentilles magnétiques sont exclues pour cette raison. Le champ électrique est plus favorable parce qu'il agit également sur des rayons de même énergie, quelle que soit leur masse. Néanmoins la forme habituelle des lentilles électriques ne convient pas. Elles tirent leur pouvoir de convergence de la variation de vitesse des particules chargées au voisinage de l'électrode sous tension. Cette variation de vitesse n'est appréciable que si la tension appliquée à l'électrode est de l'ordre de grandeur de la tension d'accélération des particules. Il ne saurait en être ainsi quand les ions positifs sont accélérés sous plusieurs dizaines de kilovolts.

Nous avons fait appel à un type de lentille utilisé par Knoll (2) en 1932 pour des études au tube de Braun. Un disque de laiton est évidé en son centre où est tendu un réseau de fils métalliques croisés. C'est lui qui reçoit la

(1) *Phys. Rev.*, 34, 1929, p. 284.

(2) Je n'ai pu avoir encore connaissance du Mémoire original de Knoll, analysé par E. Brüche et O. Scherzer, *Geometrische Électronenoptik*, Berlin, 1934, p. 204.

tension, négative. A 5^{mm} de part et d'autre sont fixés parallèlement deux disques au sol, également évidés, mais sans grille. Ces trois disques sont perpendiculaires à l'axe du faisceau. Si l'on admet que la présence de la grille sur l'électrode centrale évite la déformation des surfaces équipotentielles au voisinage de l'axe, la tension appliquée est utilisée intégralement et la distance focale est

$$f = \frac{2V}{h}, \tag{1}$$

où V est la tension d'accélération des ions et h le champ dans chaque moitié de la lentille. Cette formule est bien vérifiée pratiquement. Dans notre spectrographe du type J. J. Thomson, où la lentille est à 13^{cm} de la cathode et à 32^{cm} de la plaque photographique, $f = 10{,}8$; la focalisation d'ions de 40000 volts est obtenue pour une tension de 4000 volts environ. Bien entendu, on ne peut focaliser simultanément les ions de toutes les énergies et une petite fraction des paraboles est seule au point. C'est aux spectrographes qui produisent ou sélectionnent des faisceaux homogènes en énergie que ce genre de lentille s'appliquerait parfaitement. Mais, même avec notre appareil, les points de concentration des diverses paraboles sont alignés sur une parallèle à l'axe magnétique si bien que le pouvoir résolvant n'est pas diminué.

Un effet curieux contribue à rendre particulièrement pratique cette nouvelle méthode de focalisation. Nous avons observé, au cours d'essais où la grille était remplacée par diverses plaques percées d'un grand nombre de trous plus ou moins fins, que la finesse de l'image photographique dépend essentiellement de la finesse de ces trous, et non seulement, comme en optique, de la finesse de l'objet. Cet effet n'est pas dû, comme on pourrait le penser, aux aberrations qu'introduisent les fuites de tensions à travers des trous trop larges. Nous avons pu montrer théoriquement et vérifier expérimentalement qu'il s'explique de la manière suivante : la divergence des pinceaux élémentaires délimités par chaque trou de l'électrode n'est qu'insensiblement diminuée par la lentille, mais les divers pinceaux subissent des déviations telles qu'ils sont amenés à coïncider pour une distance qui se déduit de la formule (1). La largeur de l'image photographique est donc la même que dans les anciens dispositifs de collimation par deux trous fins, pour une même largeur de trous. Le facteur par lequel l'intensité se trouve multipliée est égal au nombre de trous percés dans l'électrode (en supposant une répartition homogène des ions dans l'angle solide). Nous avons travaillé en particulier avec 80 trous de $0^{mm},1$ de dia-

mètre répartis dans un cercle de 4^{mm} de diamètre. Le temps de pose sur plaque Schumann s'est trouvé réduit de quelques minutes à quelques secondes. En augmentant l'ouverture de la lentille, laissée faible pour ces premiers essais, on arriverait aisément à percer plusieurs centaines de trous, multipliant d'autant l'intensité recueillie.

PHYSICOCHIMIE. — *Sur l'application de certaines méthodes physiques à la recherche des complexes en solution.* Note de M. **Robert Tréhin**, présentée par M. Charles Fabry.

On a pensé pouvoir déduire la constitution d'un mélange liquide de la variation de propriétés physiques convenablement choisies en fonction de sa composition. Lorsque cette variation n'est pas linéaire, il est admis habituellement que la solution n'est pas *idéale* et on a tenté d'utiliser certaines courbes pour déterminer la présence d'un complexe.

A. Je me suis d'abord proposé d'étudier quel parti on pourrait tirer de cette méthode quand deux complexes coexistent en solution. J'ai opéré sur une série de mélanges équimoléculaires de molybdate d'ammonium et d'acide malique inactif, aux concentrations de 1,6-0,8-0,4 mol/l. Ils renferment les deux complexes


$$2MoO^4HNH^4, C^4H^6O^5 \quad \text{et} \quad MoO^4HNH^4, 2C^4H^6O^5$$

signalés autrefois par M. E. Darmois.

Les propriétés physiques considérées ont été la réfraction spécifique, la dispersion spécifique et le pouvoir rotatoire magnétique. L'indice a été déterminé au réfractomètre de Pulfrich pour les raies du mercure de longueurs d'onde : 5780, 5461, 4358 Å. J'ai adopté pour représenter la réfraction spécifique la formule de Gladstone et Dale, dont la précision est suffisante dans ce cas. La dispersion spécifique est donnée par l'expression

$$D = \frac{n_i - n_j}{d},$$

n_i étant l'indice pour la raie indigo, n_j l'indice pour la raie jaune du mercure, et d la densité de la solution.

Soit dans 1^g du mélange : x_1 g de molybdate d'ammonium, x_2 g d'acide malique et x_3 g d'eau. Les réfractions spécifiques de ces trois corps, déterminées expérimentalement étant respectivement R_M, R_A, R_E, la réfrac-

tion spécifique R de la solution sera, si la règle d'additivité s'applique,

$$R = R_M x_1 + R_A x_2 + R_E x_3.$$

L'expérience montre qu'il existe des écarts entre les valeurs de R ainsi calculées et celles déduites des mesures. La forme de la courbe représentant les écarts en fonction de la composition du mélange est très différente selon la concentration ; le nombre des maxima, leurs positions et leur ordre de grandeur sont très variables. Il en est de même si l'on considère la dispersion spécifique. Ces résultats ne paraissent pas susceptibles d'une interprétation simple.

Des mesures de pouvoir rotatoire magnétique ont été effectuées pour la raie verte du mercure dans un champ de l'ordre de 3500 gauss. La solution était contenue dans un tube de longueur $7^{cm},5$ fermé par des lames de verre d'épaisseur 13/100 de millimètre dont la rotation magnétique était négligeable.

La variation du pouvoir rotatoire magnétique en fonction de la composition du mélange n'est pas linéaire ; la courbe s'écarte des deux côtés de la droite joignant ses extrémités.

Si Λ est la constante de Verdet d'une solution de densité d, le pouvoir rotatoire magnétique spécifique est

$$[\Lambda] = \frac{\Lambda}{d}.$$

On peut, pour les mélanges précédents, calculer sa valeur théorique à l'aide de la règle d'additivité, la comparer à la valeur expérimentale et étudier les variations des écarts en fonction de la composition de ces mélanges. Les résultats sont aussi compliqués que ceux obtenus pour la réfraction et la dispersion spécifiques ; ils présentent les mêmes caractères.

B. En vue de simplifier les phénomènes, j'ai étudié les mélanges : mannite, acide borique à la concentration de 0,6 mol/l.

La courbe des écarts des réfractions spécifiques passe par un minimum correspondant à un corps de formule $2C^6H^{14}O^6$, BO^3H^3. La courbe des écarts des dispersions spécifiques présente également un minimum pour un mélange des constituants dans les proportions ci-dessus. Ce complexe a été signalé par Böeseken.

Si l'on remplace l'acide borique par le borate de sodium, la courbe des écarts des réfractions spécifiques possède deux maxima et un minimum ; ce dernier correspond à la composition $C^6H^{14}O^6$, BO^2Na. C'est le complexe indiqué par les mesures polarimétriques. La courbe des écarts des

dispersions spécifiques n'a qu'un minimum, mais il ne correspond pas au complexe précédent.

C. Essayant une nouvelle simplification, j'ai remplacé la mannite par la glycérine, dans les mêmes conditions de concentration ; les résultats se sont montrés très analogues.

La courbe des écarts des réfractions spécifiques présente un minimum pour la composition $C^3H^8O^3$, $2BO^3H^3$. La courbe des écarts des dispersions spécifiques passe au contraire par un maximum qui, d'ailleurs, ne correspond pas au mélange précédent.

Quand on substitue à l'acide borique, le borate de sodium, la courbe des des écarts des réfractions spécifiques présente un minimum pour la composition $C^3H^8O^3$, BO^2Na. La courbe des écarts des dispersions spécifiques passe par un maximum ne correspondant pas au mélange ci-dessus.

Quelques mesures de pouvoir rotatoire magnétique faites sur ces solutions ont donné des résultats aussi imprécis que ceux obtenus avec le molybdate d'ammonium et l'acide malique.

Conclusions. — Les méthodes proposées se trouvent en défaut quand le nombre des complexes est supérieur à 1 et, malheureusement, il ne semble pas qu'on puisse tirer des renseignements utilisables de la considération des diverses courbes tracées. Le pouvoir rotatoire magnétique conduit à des résultats encore plus compliqués que ceux obtenus à partir de la réfraction ou de la dispersion ; il ne paraît y avoir aucun intérêt à prolonger les recherches dans cette voie.

On doit seulement constater que, dans certains cas particulièrement simples et à la condition de choisir convenablement la propriété physique étudiée, on retrouve la présence de complexes déjà signalés. Les procédés en question peuvent donc donner des indications sur l'existence de ces corps, toutefois il ne paraît pas possible de l'affirmer ou de la nier généralement en se basant uniquement sur des mesures de ce genre.

PHYSICOCHIMIE. — *Antipodes optiques et vitesses de cristallisation.* Note de M. **Guillaume Rumeau**, présentée par M. Charles Fabry.

J'ai montré [1] que la vitesse de cristallisation d'un corps A *inactif* sur la lumière polarisée subit la même modification si l'on ajoute à A des

(1) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 410.

pourcentages identiques d'une impureté constituée par les deux antipodes B_d et B_l d'un corps actif B.

Dans de nouvelles séries d'expériences, j'ai cherché l'influence de pourcentages identiques d'impuretés B_d et B_l sur la vitesse de cristallisation d'un corps A *actif*; une différence d'influence n'était pas *a priori* impossible. Les recherches ont porté sur les séries suivantes :

Corps A. — *d*-tartrate diméthylique, *d*-diacétyltartrate diéthylique, *d*-camphre α-sulfonate de méthyle.

Corps B_d et B_l. — Acides maliques, tartrates diméthyliques, tartrates diméthyliques.

J'ai mesuré des vitesses linéaires dans des tubes de pyrex de 3 à 4^{mm} de diamètre intérieur, aux températures contantes de 30° pour les deux premières séries ci-dessus, de 55° pour la troisième. Les vitesses de cristallisation des corps A utilisés purs avaient pour valeurs respectives (en mm/min) : 4; 18; 28. J'ai tracé dans chaque cas avec cinq points expérimentaux la courbe donnant la vitesse de cristallisation en fonction de la teneur en corps B, celle-ci pouvant atteindre 2 pour 100.

Les courbes obtenues dans chaque série avec les impuretés B_d et B_l coïncident, avec une précision de 2 à 3 pour 100 qui est celle des mesures de vitesse.

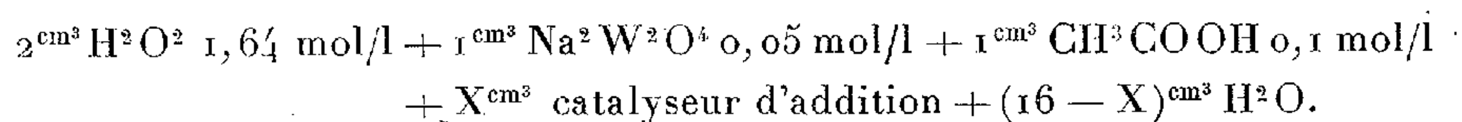
En définitive, la vitesse de cristallisation d'un corps surfondu paraît n'avoir aucun lien avec l'activité optique éventuelle de ce corps.

CHIMIE PHYSIQUE MINÉRALE. — *Effets catalytiques mixtes dans la décomposition de l'eau oxygénée en présence de tungstate de sodium et de catalyseurs d'addition.* Note de M. **Mordechaï Bobtelsky** et Mme **Ljuba Bobtelsky-Chajkin**, présentée par M. Georges Urbain.

L'eau oxygénée fournit avec du tungstate de sodium dissous des pertungstates qui, à température ordinaire, se décomposent lentement avec dégagement d'oxygène. On peut accélérer cette décomposition dans de larges limites par la présence de certains cations à valence variable, de même que par celle d'anions halogènes. Les essais suivants ont été faits en partie dans des solutions neutres (sels halogénés), en partie dans des solutions faiblement acidulées à l'acide acétique; dans des solutions plus fortement acétiques du tungstate de sodium la décomposition d'eau oxygénée est pratiquement arrêtée. Les effets catalytiques de la plupart de *cations* sont affaiblis dans des solutions faiblement acétiques, les effets des *ions*

halogènes sont arrêtés. Les essais avec des mélanges d'eau oxygénée et de tungstate de sodium, en milieu neutre, sont mal reproductibles en absence de catalyseurs d'addition, en présence de catalyseurs d'addition on a également certains dérangements de la réaction. Le nombre d'essais dérangés (lents) est grand surtout pour les catalyseurs faibles. Les ions Cu^{++} et I^{-}, à forte action catalytique, donnent moins lieu à des dérangements. Ces essais *dérangés* ne fournissent pas, pour les vitesses de réaction, de valeurs dues au hasard; ils suivent d'autres lois et sont reproductibles, lorsque, par hasard, un nouvel *essai dérangé* se produit. Ils sont incomparablement plus lents que les essais *normaux*. Dès les premières minutes après le début de la réaction, on peut dire avec certitude si l'on a affaire à un essai *normal* (rapide) ou à un essai *dérangé* (lent). Ces essais *dérangés* se passent, suivant le catalyseur d'addition ajouté, d'après une loi monomoléculaire ou bien catalytique ($K = x/t$). Nous avons essayé de lutter contre les dérangements de deux manières : 1° en paraffinant toutes les surfaces de verre; 2° en changeant de composant ajouté en dernier lieu. Nous avons étudié seulement ces cations (à l'exception du Fe^{+++}) qui se dissolvent dans l'acide acétique dilué.

Le mode d'opérer, l'appareillage et les mesures de l'oxygène dégagé ont été indiqués antérieurement (¹); température $= 15° (\pm 0°,1)$. Les réactifs utilisés étaient purs *pour analyse* ou *pour buts scientifiques*. Le tungstate de sodium (qui était le dernier composant ajouté) avait la composition $Na^2WO^4, 2H^2O$ et donnait des solutions parfaitement limpides. La composition des essais avec les *cations* était



$$2^{cm^3}\,H^2O^2\ 1,64\ mol/l + 1^{cm^3}\,Na^2W^2O^4\ 0,05\ mol/l + 1^{cm^3}\,CH^3COOH\ 0,1\ mol/l + X^{cm^3}\ \text{catalyseur d'addition} + (16 - X)^{cm^3}\,H^2O.$$

Dans les essais avec les *anions*, l'acide acétique fut remplacé par de l'eau. Le tableau ci-après résume quelques résultats (les concentrations sont des concentrations finales). Parmi tous les cations étudiés le Cu^{++} occupe la première place (l'activité du Cu^{++}, *en absence de* $Na^2W^2O^4$, même à forte concentration, est très faible). Le tungstate de cuivre est soluble dans l'acide acétique dilué. En ajoutant la solution de $CuSO^4$ en dernier lieu, on obtient une réaction *pseudo-monomoléculaire;* en ajoutant la solutino de $Na^2W^2O^4$ en dernier lieu, la réaction est *catalytique* ($K = x/t$) avec une période d'induction d'autant plus longue que la concentrarion d'ions Cu^{++}

(¹) *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 604-606.

est plus petite. *Dans le domaine au-dessous de* 0,01 mol/l *on a des effets purement catalytiques, et la quantité d'eau oxygénée décomposée est proportionnelle à la concentration d'ion* Cu^{++} *en solution.* Des essais analogues avec des ions Mn^{++}, Co^{++} et Ni^{++} fournirent le résultat suivant : l'action de ces ions est faible, même à des concentrations de 0,5 mol/l. Le $Fe^2(SO^4)^3$ donne avec le temps des troubles assez difficilement solubles dans les acides. On obtient néanmoins une décomposition presque instantanée de H^2O^2 en présence d'une solution de $Fe^2(SO^4)^3$ 0,05n. La réaction est *monomoléculaire* avec une bonne constante.

Concentration de la solution (en normalité).	R/3 en minutes pour $CuSO^4$.	R/2 en minutes pour KCl.	R/2 en minutes pour KI.
0,6	8	–	–
0,2	7	–	–
0,1	16	–	–
0,05	23	–	–
0,025	30	12	0
0,0125	51	–	–
0,005	–	11	5
0,0025	103	12	10
0,001	230	–	–
0,0005	500	42	27
0,00005	–	72	51
0,0	1000 (?)	100 (?)	100 (?)

Les anions $SO^{4=}$ et NO^{3-} sont inactifs. Parmi les halogènes les ions I^- et Cl^- agissent très fortement, même à une concentration de 5.10^{-5}n.; ils agissent à peu près avec la même intensité, mais les essais avec l'ion Cl^- sont fortement *dérangés*. Les effets des ions F^- et Br^- sont bien plus faibles et sont accompagnés de forts *dérangements*, surtout ceux de l'ion Br^-. Avec l'ion F^-, on n'obtient des effets appréciables qu'avec des solutions 0,2 à 1,0 normales (temps de demi-réaction = 40 à 10 minutes). Les réactions en présence d'anions Cl^- et I^- suivent une loi *catalytique* ($K = x/t$). Les réactions *normales* (rapides) avec l'ion F^- sont *monomoléculaires*, les réactions *dérangées* (lentes) par contre sont *catalytiques*.

CHIMIE MINÉRALE. — *Action à haute température de l'hydrogène sur les verres alcalins.* Note (¹) de M. **Marc Antoine Foëx**, présentée par M. Georges Urbain.

Les milieux réducteurs peuvent, à température élevée, modifier profondément la composition des verres alcalins et y provoquer des précipitations.

P. Villard (²) avait déjà constaté qualitativement qu'un tube de verre, chauffé à 750°-950°, et parcouru par un courant d'hydrogène contenant 1 pour cent d'oxygène, perdait du sodium et se dévitrifiait.

Pour étudier quantitativement ce phénomène, il est nécessaire d'avoir des verres présentant un faible poids par rapport à la surface soumise à l'action du gaz. Les pertes relatives sont ainsi très grandes et mesurables. Nous avons opéré à l'aide de perles de verre formées sur boucles de platine circulaires et placées dans un tube de silice parcouru par un courant d'hydrogène.

Les essais ont porté sur des verres à base de silice et de sodium ou de potassium, contenant ou non de la chaux. Ces silicates n'attaquent pas sensiblement le platine en milieu réducteur. Il n'en est pas de même pour les verres boriques et phosphoriques, que nous n'avons pu ainsi utiliser.

Les perles sont pesées avant et après chaque essai, analysées en cas de perte notable de poids et examinées au microscope.

Des essais préalables effectués avec des perles de $0^{mm},7$ à $1^{mm},2$ d'épaisseur, formées sur fil de platine de $0^{mm},7$ de diamètre, nous ont montré que les pertes de poids étaient proportionnelles à la surface du verre.

Les résultats obtenus dépendent : 1° de la surface du verre, 2° du milieu et de la pression, 3° de la température, 4° de la composition du verre, 5° du traitement préalable du verre, 6° de l'orientation de la perle par rapport à la direction de propagation du gaz, 7° de la vitesse de passage du gaz.

Les opérations ont été effectuées sous une pression d'une atmosphère environ, en courant d'hydrogène de vitesse 15^{cm} à la minute, avec des verres n'ayant pas subi de traitement préalable en milieu réducteur. Les perles utilisées, à peine bombées, de diamètre $1^{cm},02$, ont à 1150° une surface totale de $1^{cm^2},67$. Le plan des boucles est placé normalement à l'axe du tube.

(¹) Séance du 19 octobre 1936.

(²) *Comptes rendus*, **189**, 1929, p. 969.

Les courbes suivantes représentent les pertes de poids de ces perles en mg-h/cm², en fonction de la température (*fig.* 1) et de la composition du verre en molécules (*fig.* 2). Le poids initial des verres varie suivant leurs densités de 140^{mg} (100 SiO^2, 25 Na^2O) à 180^{mg} (100 SiO^2, 100 Na^2O).

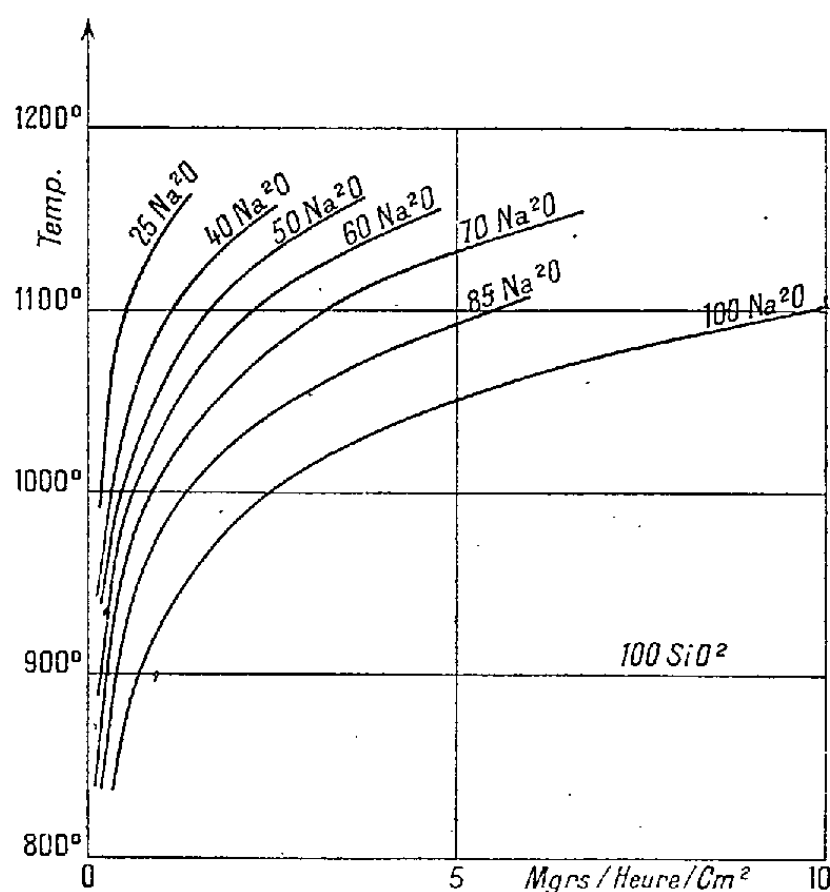


Fig. 1.

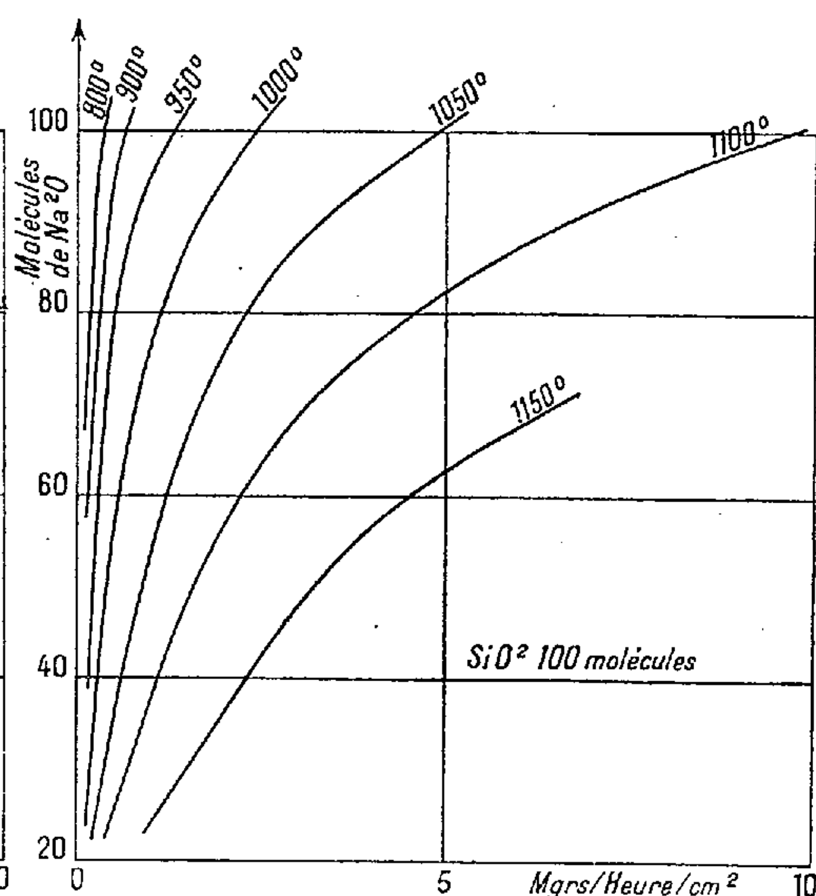


Fig. 2.

Dans l'air, les pertes enregistrées sont beaucoup moins considérables : 0,35 mg-h/cm² au lieu de 6,45 pour le verre 100 SiO^2, 70 Na^2O à 1150°.

L'analyse des perles nous montre que les pertes de poids sont dues au départ d'alcali : ainsi la perle 100 SiO^2, 70 Na^2O d'un poids initial de 170^{mg} (SiO^2 98^{mg},9; Na^2O 71^{mg},1) perd en une heure à 1150° 10^{mg},65 et prend la composition SiO^2 98^{mg},5, Na^2O 60^{mg}, 5.

Si l'on compare les pertes de poids de deux silicates l'un de soude, l'autre de potasse, d'égale teneur en alcali, ayant subi le même traitement, on constate qu'elles sont à peu près proportionnelles au poids moléculaire des oxydes alcalins (Na^2O, 62; K^2O, 94,2). Les pertes de poids à 1150° des verres 100 SiO^2, 70 Na^2O et 100 SiO^2, 70 K^2O sont respectivement de 6,45 et 9,4 mh-h/cm² (6,45:62 ≠ 0,0104; 9,4:94,2 ≠ 0,0100).

Ces pertes considérables d'alcali en milieu réducteur vont avoir un effet important sur la dévitrification des verres : si l'on traite une perle pesant 185^{mg}, de composition 100 SiO^2, 65 K^2O, 35 CaO, dans un courant d'hydrogène à 1150°, température très supérieure à celle de la dévitrification

normale, on constatera au bout de trois heures une perte d'alcali de 24^{mg}, et une cristallisation superficielle de Wollastonite SiO^3Ca.

Ce phénomène peut s'expliquer ainsi : les couches directement en contact avec le gaz s'appauvrissent le plus rapidement en alcali, leur température de dévitrification s'élève, et lorsque le verre atteint une certaine composition, il y a cristallisation.

En conclusion, les pertes très notables subies par les verres alcalins en milieu réducteur à 850-1150°, sont dues au départ d'alcali. Il y a attaque du verre par l'hydrogène, faible aux températures peu élevées, mais croissant rapidement dès que la viscosité diminue. Cette action réductrice favorise beaucoup la dévitrification.

CHIMIE MINÉRALE. — *Étude du système* $ZrO^2 — SO^3 — H^2O$: *conditions d'existence d'un nouveau sulfate acide de zirconium* $(SO^4)^2Zr, SO^4H^2, 2H^2O$. Note (1) de Mlle **Marie Falinski**, présentée par M. Georges Urbain.

O. Hauser (2) a signalé l'existence des deux sulfates acides de zirconium, $(SO^4)^2Zr, SO^4H^2, 3H^2O$ et $(SO^4)^2Zr, SO^4H^2, 1H^2O$. Ces formules ont été déterminées par analyse des cristaux après lavage à l'acide nitrique. Or, dans cette opération, il est à craindre que le produit subisse une transformation. C'est pourquoi nous avons repris l'étude du système $ZrO^2 — SO^3 — H^2O$ dans la région signalée par Hauser, en traitant l'oxychlorure de zirconium octohydraté par l'acide sulfurique concentré. La méthode d'analyse indirecte de Schreinemakers (3), dite *méthode des restes*, nous a permis de mettre en évidence une nouvelle phase cristalline, $(SO^4)^2Zr, SO^4H^2, 2H^2O$.

Les différents mélanges de sulfate acide et de leurs eaux mères ont été préparés par addition à 10^g de $Cl^2ZrO, 8H^2O$, de 16 à 30^{cm^3} de SO^4H^2 concentré ($d = 1,83$) à l'abri de l'humidité (4).

(1) Séance du 19 octobre 1936.

(2) *Zeit. f. anorg. Chem.*, 54, 1907, p. 196.

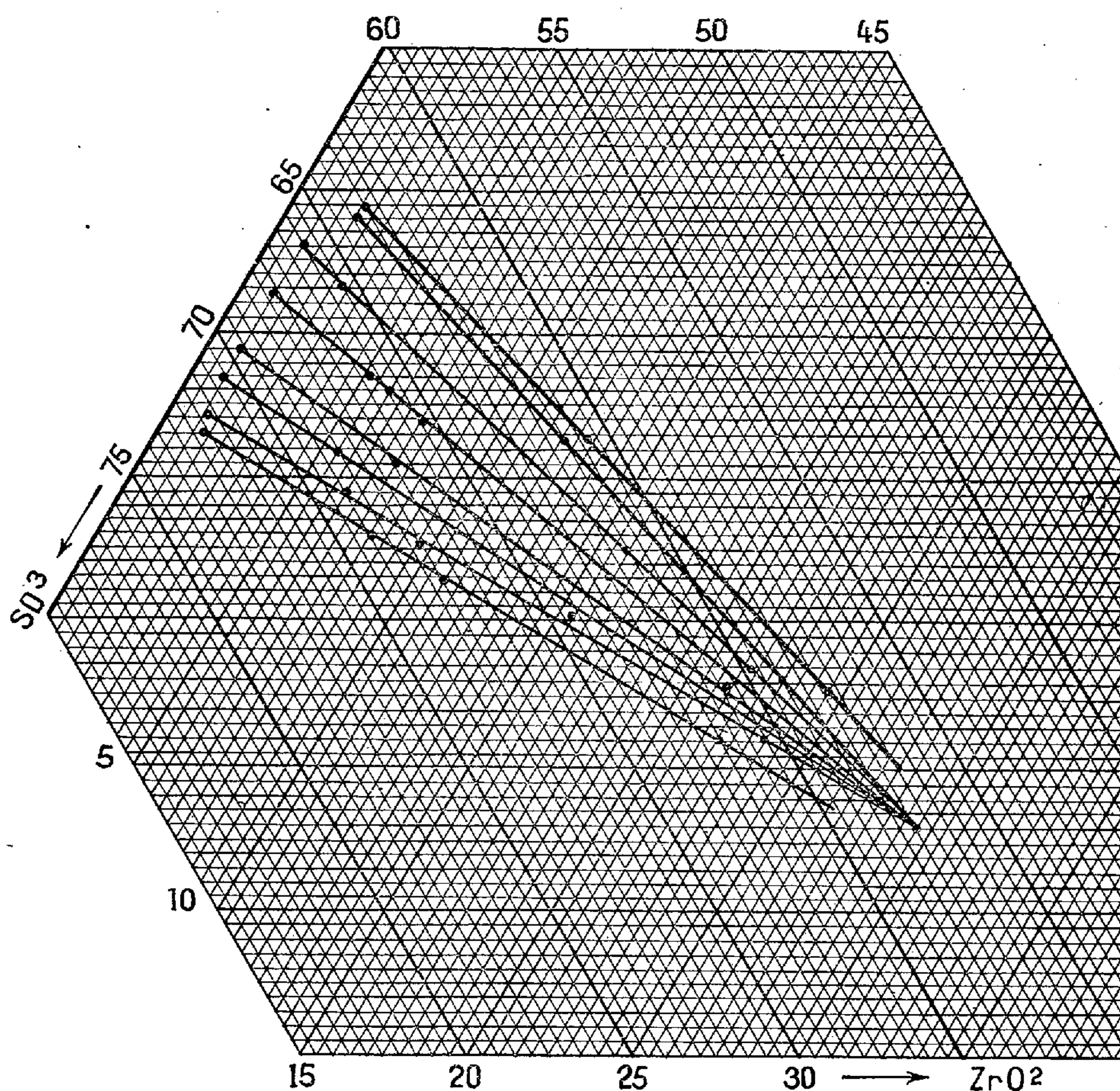
(3) *Zeit. f. phys. Chem.*, **11**, 1893, p. 75.

(4) Dans les conditions où nous avons opéré, nous n'avons pas retrouvé le sulfate acide $(SO^4)^2Zr, SO^4H^2, 3H^2O$ de Hauser; à la limite d'existence du sel $(SO^4)^2Zr, SO^4H^2, 2H^2O$, du côté des solutions plus diluées en SO^3 (vers 63 pour 100), nous avons observé l'apparition du sulfate normal $(SO^4)^2Zr, 4H^2O$; pour les concentrations plus élevées en SO^3, à partir de 72 pour 100, il se forme vraisemblablement le sel $(SO^4)^2Zr, SO^4H^2, 1H^2O$ de Hauser.

Pour enlever tout l'acide chlorhydrique formé dans la réaction, nous avons maintenu les différents mélanges de solution et de cristaux, dans le vide, en présence de soude caustique et d'anhydride phosphorique.

Les prélèvements ont été faits à 25°.

La solution a été prélevée par aspiration à l'aide d'une pipette en forme de boule à deux robinets, dans laquelle on fait le vide, et munie d'un



rodage auquel on adapte soit un petit filtre en verre Iéna n° 3, soit un pied rodé servant de support pour la pesée. Les mélanges de solution et de cristaux ont été prélevés à l'aide d'une pipette large et transvasés dans des pèse-filtres rodés.

Étant donné la faible étendue du domaine d'existence de ce sel, les droites extrêmes des restes se coupent sous un angle très aigu et il est néces-

saire de les déterminer avec une grande précision pour avoir sans ambiguïté la composition du solide pur. Aussi nous avons cherché à obtenir des points aussi rapprochés que possible de cette composition. Pour atteindre ce but, nous avons analysé des cristaux essorés à fond (à la température ordinaire) sur un filtre en verre Iéna n° 2, avec soufflage d'air sec et aspiration à la trompe à eau (1).

L'acide sulfurique a été dosé à l'état de SO^4Ba, après séparation de la zircone par l'ammoniaque et lavage complet à l'eau redistillée du précipité de zircone hydratée. Le zirconium a été dosé en ZrO^2.

Les résultats analytiques, exprimés en grammes de SO^3 et de ZrO^2 pour 100g du mélange prélevé, sont consignés dans le diagramme ci-contre.

CHIMIE MINÉRALE. — *Contribution à l'étude de la double décomposition entre les solutions de sulfate de magnésium et de carbonate de potassium, à l'ébullition.* Note de Mme **Léone Walter-Lévy**, présentée par M. Georges Urbain.

La réaction de double décomposition entre un sel de magnésium et un carbonate alcalin, qui donne naissance à des composés basiques connus sous le nom de *magnésie blanche*, a été maintes fois étudiée.

Les travaux les plus récents sont ceux de G. R. Lévi et de Menzel et Brückner (2). D'après eux, la réaction donne un carbonate basique, l'hydromagnésite, de formule $5MgO, 4CO^2, 5H^2O$ (3).

Nous avons repris l'étude de la double décomposition entre les solutions de sulfate de magnésium et de carbonate de potassium à l'ébullition, en faisant varier très largement les concentrations des réactifs (0,05 à 5 mol/lit de CO^3K^2, et 0,05 à 2,5 mol/lit de SO^4Mg), leurs proportions relatives et la durée de la réaction (5 minutes à 3 heures).

Les essais ont été effectués dans un ballon pourvu d'un agitateur mécanique, d'un réfrigérant et d'un entonnoir à robinet. Ce dispositif permettait d'introduire goutte à goutte l'un des réactifs dans l'autre soumis à l'ébul-

(1) Malgré cet essorage poussé, on constate d'après les données du diagramme, que les cristaux retiennent encore environ 25 pour 100 d'eaux mères sulfuriques.

(2) G. R. Levi, *Annali di Chimica applicata*, 14, 1924, p. 265; Menzel et Brückner, *Zeit. für Elektrochemie*, 36, 1930, p. 63.

(3) G. R. Levi, Menzel et Brückner, *loc. cit.*; Mme L. Walter-Lévy, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1818.

lition. Les précipités obtenus ont été étudiés à l'aide de diagrammes de rayons X et d'analyses chimiques.

Il convient de signaler en premier lieu que les résultats ont en général différé essentiellement selon l'ordre dans lequel les réactifs ont été versés.

1. *Addition d'une solution de sulfate de magnésium à une solution de carbonate de potassium.* — La quantité de sulfate de magnésium ajoutée étant petite vis-à-vis de la quantité de carbonate de potassium ($0^{mol},05$ pour 2 litres de solution une, deux ou trois fois normale), le précipité est en majeure partie formé d'hydroxyde de magnésium. (L'analyse des précipités donne $CO^2/MgO = 0,07$, $0,05$, $0,04$.)

La formation d'hydroxyde de magnésium semble résulter de l'action propre aux solutions de carbonate de potassium. Un léger enrichissement de la solution en acide carbonique se produit au cours de cette première précipitation. Si l'on verse ensuite de nouvelles quantités de sulfate de magnésium, des composés autres que l'hydroxyde prennent naissance : le carbonate double $CO^3Mg, CO^3K^2, 4H^2O$ dans les solutions concentrées (2 à 5 mol/lit); l'hydromagnésite dans les solutions moyennement diluées (2 à 0,1 mol/lit).

Si l'on prolonge la durée de la réaction, le carbonate double s'hydrolyse et donne le sel auquel nous avons attribué provisoirement la formule $8MgO, K^2O, 6CO^2, 6H^2O$ (1).

2. *Addition de carbonate de potassium au sulfate de magnésium.* — En ajoutant de très petites quantités de carbonate de potassium à des solutions très concentrées de sulfate de magnésium, nous avons pu mettre en évidence la formation d'un sulfatocarbonate basique de magnésium : $4MgO, 2CO^2, SO^3, 7H^2O$ (2). Si la quantité de carbonate versée est accrue, il y a précipitation d'un mélange de ce sel et d'hydromagnésite.

L'addition de carbonate aux solutions diluées entraîne des précipitations, où dominent l'hydromagnésite et l'hydroxyde de magnésium.

Si l'on prolonge la durée de la réaction, l'hydrolyse conduit au sulfate basique $6MgO, SO^3, 8H^2O$ (3) dans les solutions concentrées et à l'hydroxyde de magnésium dans les solutions diluées.

Au cours de cette étude, nous n'avons en aucun cas constaté la présence

---

(1) Écrite par erreur $8MgO$, K^2O, $5CO^2$, $5H^2O$ dans une Note précédente (Mme L. Walter-Lévy, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1940).

(2) Mme L. Walter-Lévy, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1074.

(3) Mme L. Walter-Lévy, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1857.

du sel $4MgO, 3CO^2, 3H^2O$ [1], ni celle du carbonate normal CO^3Mg [2]

Nous n'avons jamais obtenu l'hydromagnésite à l'état de pureté, bien qu'elle constituât la phase dominante obtenue dans les conditions de concentration courante des réactifs (1 à 2 mol/lit) mélangés selon les proportions habituelles (1 à 2). Les impuretés dont nous avons fait apparaître la nature, expliquent la composition variable de la magnésie blanche obtenue par double décomposition entre les solutions de sulfate de magnésium et de carbonate de potassium. La présence de plusieurs d'entre elles ($8MgO, K^2O, 6CO^2, 6H^2O$ ou $4MgO, 2CO^2, SO^3, 7H^2O$ et $6MgO, SO^3, 8H^2O$) permet de comprendre le fait connu depuis longtemps [3], que les précipités soumis à des lavages prolongés retiennent de la potasse [4] ou de l'acide sulfurique.

CHIMIE APPLIQUÉE. — *Contribution à l'étude de l'oxydation de la houille.* Note de MM. **Henri Lefebvre** et **R. Faivre**, présentée par M. Marcel Delépine.

Nous avons étudié, d'abord entre 150 et 300°, l'action de l'oxygène sur une houille grasse de Bruay (m. v. 35 pour 100) et sur chacun de ses constituants pétrographiques. L'appareil utilisé, en verre, comprend un tube chauffé électriquement où l'on place le charbon, un condenseur à —80°, et une pompe de circulation, le tout réalisant un circuit fermé où l'on fait d'abord le vide. On porte le four à la température choisie, et l'on introduit une quantité connue d'oxygène; la pompe est alors mise en marche afin d'établir une circulation continue de l'oxygène restant et des gaz dégagés par l'oxydation. On suit de façon continue la pression et l'on prélève périodiquement un peu de gaz aux fins d'analyse. Après chaque expérience on dose l'eau condensée, et l'on examine le charbon oxydé au microscope métallographique : s'il s'agit d'un bloc parallélépipédique ($3 \times 1 \times 1^{cm}$), il convient d'en polir une face et diverses sections; s'il s'agit d'une poudre, on l'agglomère au brai, puis on polit le comprimé obtenu.

---

(1) Mme L. Walter-Lévy, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1940.

(2) Ce carbonate se formerait par double décomposition en vase clos (De Senarmont, *Ann. Chim. Phys.*, 3e série, 32, 1851, p. 129).

(3) J. Berzélius, *Ann. Chim. Phys.*, 2e série, 14, 1820, p. 363.

(4) La présence de potasse ne saurait être due au sel double $CO^3Mg, CO^3K^2, 4H^2O$ qui est complètement détruit par lavage et donne alors des composés amorphes ne contenant pas de potasse.

La durée de nos expériences n'excédait jamais 48 heures, et l'oxydation se traduisait uniquement par un dégagement de H^2O, CO^2 et CO et par une fixation d'oxygène sur la houille. Le tableau ci-dessous, relatif à des expériences dans lesquelles nous mettions 1^{gr} de houille en présence de 120^{cm^3} d'oxygène, et arrêtées dès que tout ce gaz était consommé, montre que plus la température est élevée, plus l'oxydation est rapide et plus il se forme de gaz (CO^2 et CO), au détriment de la quantité d'oxygène fixée. De plus, il met en évidence de grandes différences de comportement, particulièrement nettes à 300°, entre deux poudres d'égale finesse (diamètre des grains $0^{mm},05$) dont l'une contient 85 pour 100 de vitrain et l'autre 95 pour 100 de fusain. Nous n'avons jamais noté que des différences assez faibles entre le durain et le vitrain :

	Température.	Durée de l'oxydation.	O^2 fixé.	Produits recueillis. H^2O.	CO^2.	CO.
	°C.	h	cm^3	cm^3	mg	cm^3
Vitrain.........	200	8	41,0	79	23,7	11,4
	250	1.10	30,6	79	31,8	18
	300	0.30	17,2	88	38,4	19,8
Fusain.........	250	10	28,3	76	37,4	13,7
	300	1	13,4	53,5	66	13,5

Des expériences effectuées à 250° en présence d'un grand excès d'oxygène nous ont permis de suivre l'oxydation jusqu'à un stade plus avancé. A mesure qu'elle se poursuit, sa vitesse décroît énormément, cependant que l'importance relative des diverses réactions varie de façon continue. Au début il se forme beaucoup d'eau, et une quantité notable d'oxygène reste fixée sur la houille; plus tard, tout se borne presque exclusivement à la formation de CO^2 et de CO. (Quand 1^g de houille a consommé 500^{cm^3} d'oxygène, il a fixé $0^g,13$ d'oxygène, et perdu 65 pour 100 de son hydrogène, mais seulement 20 pour 100 de son carbone.)

L'examen au microscope de petits blocs ou de poudres oxydés a confirmé certaines conclusions de l'étude chimique, et nous a révélé le mécanisme de la pénétration de l'oxygène dans la houille. Tandis que l'aspect des substances ligneuses ou cutinisées reste inchangé, il se forme sous l'action de ce gaz, dans le ciment amorphe, des fissures très nombreuses qui se développent de préférence perpendiculairement au plan de stratification. Les régions soumises à une oxydation particulièrement intense (lèvres des fissures dans le cas des blocs, ou périphérie des grains) sont mises en relief très net par le polissage, ce qui indique que leur dureté a augmenté. Le

chauffage de la houille sous vide ou en atmosphère de CO^2, CO ou Az, ne produit rien de semblable, même à 350°.

L'étude de l'oxydation a montré qu'une fraction importante de l'oxygène qui réagit sur la houille reste fixée sur elle. Afin d'apprécier la solidité de cette liaison, nous avons chauffé sous vide à 350° du vitrain préalablement oxydé à 250°; il se dégage ainsi une quantité de H^2O, CO^2 et CO correspondant à 75 pour 100 de l'oxygène fixé à 250°; ceci prouve que l'oxygène tend à se porter sur des groupements d'atomes particulièrement fragiles. La comparaison de la distillation sous vide d'une même houille fraîche ou oxydée renforce et complète cette conclusion en montrant que les atomes de carbone les plus sensibles à l'oxydation sont précisément ceux qui donnent naissance aux premiers hydrocarbures.

Dans des expériences de longue durée, nous avons suivi les progrès de l'oxydation de la houille à 20° en dosant le CO et le CO^2 formés. A la fin, nous distillions l'échantillon sous vide jusqu'à 350°. Ces essais n'ont mis en évidence aucune différence fondamentale, sauf en ce qui concerne la vitesse, entre les caractères de l'oxydation à 20°, et aux températures comprises entre 150 et 300°.

Conclusions. — 1° Entre 150 et 300° l'oxygène pénètre très facilement et très rapidement dans la houille, en particulier dans le vitrain. Sous son action, la houille évolue de façon continue vers un état beaucoup plus pauvre en hydrogène, et de plus en plus réfractaire à l'oxydation.

2° Le comportement du durain vis-à-vis de l'oxygène diffère assez peu de celui du vitrain, tandis que le fusain a une allure très particulière.

3° L'édifice micellaire de la houille comporte des assemblages d'atomes de carbone et d'hydrogène dont la fragilité se révèle aussi bien sous l'action de l'oxygène que par pyrolyse.

4° Le processus de l'oxydation reste sensiblemeut le même, à la vitesse près, entre 20 et 300°.

BOTANIQUE. — *Sur la végétation de la mangrove à la Guadeloupe.* Note de MM. **Jean Feldmann** et **Robert Lami**, présentée par M. Alexandre Guilliermond.

Au cours du séjour à la Guadeloupe de la Mission cryptogamique dirigée par M. P. Allorge, nos recherches d'algologie marine nous ont amenés à étudier ce type particulier de végétation des côtes tropicales que constitue la mangrove.

A la Guadeloupe, la Mangrove, assez étendue, se localise sur les côtes basses et abritées. Elle occupe la presque totalité du littoral du Grand-Cul-de-Sac-Marin, la côte sous le vent de la Grande-Terre, le cours inférieur de certaines rivières, comme la Grande-Rivière-à-Goyave, où elle remonte jusqu'à 1^{km},500 de l'embouchure, et les bords de la Rivière-Salée, chenal maritime séparant la Guadeloupe de la Grande-Terre. Quelques marais, isolés de la mer, montrent une partie de la flore caractéristique de la mangrove, comme le marais de Bouillante et le marigot des Saintes; ils résultent du colmatage d'une mangrove et de son isolement par une levée de sable et de galets.

Dans sa partie la plus avancée, le sol, vase molle toujours immergée, porte *Rhizophora Mangle* L., dont le mode de propagation permet la progression à mesure du colmatage qu'il favorise. Dans les parties moins profondes, où le sol est plus ferme, s'établit, en mélange avec l'espèce précédente, *Avicennia nitida* Jacq. dont les pneumatophores dressés hérissent la vase. Tous ces arbres sont de taille moyenne, inférieure à celle qu'ils atteignent dans d'autres régions. Sur les branches et les troncs des *Rhizophora* s'observe, au-dessous d'une ceinture mal limitée de Lichens gris, une ceinture très nette et très constante, d'un beau jaune d'or, presque exclusivement constituée par *Pyrenula cerina* Eschm. parfois associé à quelques *Opegrapha* gris. Au-dessous, les racines en échasses arquées des *Rhizophora* et les pneumatophores des *Avicennia* portent un feutrage dense, de teinte livide, dont les limites supérieure et inférieure, remarquablement nettes, sont celles de l'étage littoral. Des Rhodophycées [*Caloglossa Leprieurei* (Mont.) J. Ag., *Bostrychia tenella* J. Ag. et B. *radicans* Mont.], ainsi que des Cyanophycées (*Microcoleus tenerrimus* Gom., *Lyngbya majuscula* Harv. et *Sirocoleum guyanense* Kütz.) constituent ce feutrage. Malgré des recherches attentives, nous n'avons pu constater la présence de *Catenella repens* (Light.) Batters, indiqué comme généralement associé aux *Caloglossa* et *Bostrychia* de la mangrove.

Fixé sur ces mêmes substrata ainsi que sur les Huîtres de Palétuviers, *Ostrea rhizophora* Guilding et les « Plaplates », *Perna alata* Gmelin, qui s'accrochent aux racines, *Caulerpa verticillata* J. Ag. domine généralement, accompagné de *Dichotomosiphon pusillus* Collins, *Acetabularia crenulata* Lamx., *Neomeris annulata* Dickie, *Murayella periclados* (Ag.) Schmitz, *Polysiphonia havanensis* Mont., *Ceramium fastigiatum* (Roth) Harv. f. *flaccidum* H. E. Petersen.

Sur la vase noire, à l'ombre des Palétuviers, se rencontrent *Caulerpa verticillata* J. Ag., *C. sertularioides* (Gmel.) Howe et *C. taxifolia* (Vahl.)

Ag.; les Monocotylédones y sont représentées par *Diplanthera uninervis* Aschers. et, plus rarement, par *Halophila Baillonis* Aschers. qui, généralement localisé en profondeur, peut remonter dans cette station à moins de 10^{cm} au-dessous du niveau des basses mers, grâce à l'absence d'agitation de l'eau et à la lumière atténuée.

Vers l'intérieur, sur les vases salées situées au-dessus du niveau de la mer et temporairement inondées par les pluies, les *Rhizophora*, puis les *Avicennia*, sont progressivement remplacés par *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn., *Conocarpus erecta* L., enfin par *Pterocarpus officinalis* Jacq. avec lesquels s'installe peu à peu une flore de Plantes herbacées, de Lianes et d'Epiphytes. Sur les racines et à la base des troncs, le *Rhizoclonium Hookeri* Kütz. constitue parfois un feutrage compact. Dans certains cas, aux *Laguncularia* et *Conocarpus* succède le marais à *Acrostichum aureum* L. Sur les espaces libres de la vase salée et ferme de ces marais, *Microcoleus chtonoplastes* Thur. et *Lyngbya æstuarii* Liebm. forment une croûte continue comme dans les stations comparables des régions tempérées.

MYCOLOGIE. — *L'Ivraie enivrante et la culture pure de son endophyte.* Note de M. **Jean Chaze**, présentée par M. Alexandre Guilliermond.

Parmi les Graminées vénéneuses, l'Ivraie enivrante (*Lolium temulentum*), est une des plus anciennement connues (Virgile, Ovide, Pline). Les principes actifs qui lui confèrent cette toxicité ont été extraits et étudiés par de nombreux auteurs (Antze, Hofmeister, Martin, etc.), qui ne sont d'ailleurs pas d'accord sur la nature chimique exacte de la témuline et de la loliine existant dans le caryopse; mais, jusqu'à ce jour, on n'a pas recherché si l'acide cyanhydrique, bien connu comme communiquant à d'autres Graminées des propriétés vénéneuses, ne serait pas élaboré par les semences de *Lolium temulentum*; les essais par les méthodes de Guignard que nous avons mises en œuvre à cet effet ont toujours été négatifs.

D'autre part, les découvertes de Guérin (1898), reprises et complétées par Freeman (1904), Jodidi et Peklo (1929), Peyronel (1930), Mlle Sampson (1935) ont mis en évidence, entre la couche hyaline et l'assise protéique d'aleurone, un revêtement formé par les hyphes d'un Champignon de nature inconnue. Ces divers savants ont aussi étudié les modes d'infection de la plante et de pénétration du parasite dans le caryopse. Nos recherches personnelles nous ont permis de constater que

l'invasion par la moelle n'était pas constante, et que très souvent la progression du Champignon avait lieu par les régions externes pour aboutir aux épillets. L'envahissement du chaume se produisant qu'au moment de la dessiccation, c'est-à-dire à sa mort. Les fruits des épillets de la base de l'inflorescence paraissent être moins contaminés que ceux du haut. L'invasion fungique peut être parfois très prononcée et s'étendre non seulement à la région signalée, par d'autres auteurs, mais à tout l'albumen. Dans d'autres cas, c'est l'ovaire qui est envahi très profondément, avant la fécondation, et qui devient alors impropre à toute reproduction.

Mais un des problèmes les plus importants, et non résolu, est celui de savoir s'il n'existe pas un rapport entre la présence de l'endophyte et la toxicité des semences, en d'autres termes si les principes actifs extraits des caryopses sont élaborés par le Champignon ou par le *Lolium*, ou s'ils ne résultent pas de l'action des hyphes sur le contenu des cellules voisines. Pour résoudre ces différentes questions, il était indispensable d'isoler l'endophyte et de l'obtenir en cultures spécifiquement et bactériologiquement pures. Les recherches que nous allons exposer nous ont permis d'atteindre ces résultats. Nos essais ont porté sur des fruits de *Lolium temulentum* provenant de 21 jardins botaniques d'Europe.

La désinfection du caryopse, qu'il y avait lieu de réaliser, devait aboutir à la destruction de toutes les moisissures dont les régions externes de la graine sont largement pourvues, mais les liquides antiseptiques ne devaient pas avoir d'action sur la couche fungique interne qui devait conserver toute sa vitalité.

Après essai des différents désinfectants classiques tels que le bichlorure de mercure, l'éther, l'eau oxygénée, les dérivés de la quinoléine, nous avons fixé notre choix sur la solution d'hypochlorite de calcium qui nous a donné d'excellents résultats. L'emploi de cet antiseptique a été signalé pour la première fois par Wilson, et ses propriétés fungicides puissantes ont été mises en évidence dans un travail récent par Gautheret, en particulier dans les genres *Hordeum* et *Triticum*.

Les caryopses de *Lolium* sont débarrassés de leurs diverses enveloppes et la surface du fruit est grattée au scalpel. Ces enveloppes ou leurs débris, qui vont servir de témoin, sont plongés dans la solution d'hypochlorite de calcium pendant 6 à 8 heures environ, il en est de même du fruit. Les grains ainsi traités sont transportés dans de l'eau distillée, et à l'intérieur même de ce liquide, on procède à l'aide d'instruments flambés à des incisions et à des écrasements du grain, la couche fungique non atteinte par la solution désin-

fectante est ainsi mise à nu. Les grains ou leurs fragments sont alors ensemencés dans une décoction de *Lolium perenne*.

Au bout de 2 à 3 jours, on voit se former au niveau du caryopse un léger duvet mycélien (50 pour 100 environ de résultats positifs) et un examen microscopique effectué au début de cette croissance permet de constater que ce sont bien les hyphes de la couche fungique interne qui se sont accrues. Le Champignon ainsi obtenu peut ensuite être repiqué sur tous les milieux usuels utilisés à cet effet.

Les filaments sont minces, cloisonnés, ramifiés, de couleur hyaline au début, ils brunissent ensuite; leurs articles se remplissent de granulations lipidiques et deviennent larges, puis très renflés, pour aboutir à des arthrospores qui se détachent.

Nous ne sommes pas parvenu à obtenir des organes de reproduction. Ce Champignon présente les mêmes caractères morphologiques que celui existant dans le *Lolium*, une seule différence consiste en ce que le pelotonnement des hyphes n'a pas lieu surtout dans les milieux aqueux.

La preuve que les moisissures externes ont bien été tuées est apportée par les expériences suivantes : les enveloppes et téguments détachés de la graine et traités comme celle-ci sont ensemencés après lavage à l'eau distillée dans la décoction de *Lolium perenne*, elles donnent naissance à aucun développement. On peut aussi cultiver les multiples formes fungiques qui se trouvent sur les téguments, ces champignons, différents de l'endophyte, sont soumis à l'action de l'hypochlorite de calcium, et l'expérience démontre, qu'au bout de 3 heures au maximum, les hyphes tout aussi bien que les organes de conservation auxquels elles ont donné naissance sont tués par l'antiseptique.

Le Champignon que nous avons cultivé est donc bien celui qui vit, en endophyte, dans les semences de *Lolium temulentum*.

SYMBIOSE VÉGÉTALE. — *Culture et inoculation du Champignon symbiotique de l'*Arum maculatum. Note de M. **Joseph Magrou**, présentée par M. Félix Mesnil.

Nous avons signalé [1] que l'endophyte des mycorhizes de l'*Arum maculatum* est capable de croître quelque temps dans un milieu de culture

---

[1] *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 1038.

artificiel constitué par l'eau de lavage stérilisée de la terre où pousse cette plante. Le développement *in vitro* du champignon restant toujours très limité, nous avons pensé qu'il pourrait se poursuivre au sein des racines de l'hôte et nous nous sommes proposé de reconstituer la symbiose mycorhizienne en semant, au contact de l'une de ces ébauches de culture, une plantule aseptique d'*Arum*. N'ayant pu réussir à faire germer les graines de l'*Arum maculatum*, nous nous sommes adressé à une espèce voisine l'*Arum italicum*.

Une coupe longitudinale de racine infestée d'*Arum maculatum* avait été semée le 13 mars 1936 dans le milieu indiqué ci-dessus, additionné de gélose et coulé dans une de ces boîtes de verre destinées à la culture des tissus, dont le fond est formé par une lamelle couvre-objet. La coupe de racine reposant sur la lamelle, il était possible de l'observer aux forts grossissements du microscope. Dans les jours qui suivirent l'ensemencement, des hyphes cloisonnées, provenant d'impuretés superficielles, se développèrent, en même temps que des bactéries, autour du fragment de racine. Mais le 8 juin fut notée l'apparition de deux longs filaments non cloisonnés, en continuité manifeste avec l'endophyte; l'un d'eux provenait de la germination d'une vésicule intracellulaire et avait donné naissance, avant de s'enfoncer dans la profondeur de la gélose, à trois longues ramifications. Le 11 juin, une plantule aseptique d'*Arum italicum*, issue d'une graine stérilisée par un séjour de six heures dans l'eau oxygénée, fut plantée dans la gélose, de telle sorte que sa racine venait au contact des hyphes développées aux dépens de l'endophyte. Cette plantule fut fixée le 1er juillet et les coupes pratiquées dans la racine montrèrent une mycorhize typique, avec longs filaments rectilignes intercellulaires, pourvus d'expansions lamellaires, arbuscules intracellulaires d'une extrême complexité et vésicules enkystées, souvent bilobées. La présence de ces vésicules, semblables à celle d'où était issue la culture, montre que l'évolution du champignon a parcouru, d'une racine à l'autre, un cycle fermé.

Par cette expérience, se trouvent en quelque sorte réalisées *in vitro*, pour la première fois à notre connaissance dans le cas d'un endophyte à arbuscules et à vésicules, l'analyse et la synthèse de l'organe composite que représente une mycorhize.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Vision binoculaire à travers des polariseurs croisés.* Note de M. **Yves Le Grand**, présentée par M. Charles Fabry.

La fabrication récente de filtres polariseurs (cristaux d'hérapatite orientés parallèlement et inclus dans un film d'acétate de cellulose) permet de constituer une paire de lunettes telle que la lumière atteignant un œil ait son plan de polarisation vertical et l'autre horizontal. Si le paysage vu à travers ces lunettes comporte des régions émettant de la lumière rectilignement polarisée, telles que nappes liquides, sable mouillé, toits d'ardoise, feuilles luisantes des végétaux, ces objets se signalent immédiatement par un aspect irréel dû à l'inégal éclairement des deux images rétiniennes. En outre les sources lointaines de lumière polarisée peuvent produire une illusion spéciale : elles semblent parfois se détacher de leur plan effectif, et flotter un peu plus près de l'observateur.

Nous croyons que cet effet peut se ramener au phénomène du lustre stéréoscopique, découvert par Dove en 1850; lorsque, dans un couple d'images stéréoscopiques, une surface est blanche et la correspondante noire, cette région du champ revêt un aspect miroitant; un miroir rapproché peut en effet par simple parallaxe envoyer de la lumière réfléchie à un œil, tandis que l'autre n'en reçoit pas. Dans l'illusion que nous signalons, la surface brillante est trop lointaine pour produire réellement cet effet parallactique, mais la polarisation simule l'apparence miroitante, et le sujet tend à localiser la plage réfléchissante plus près de lui, puisque les objets rapprochés sont seuls à offrir normalement cet aspect.

GÉNÉTIQUE. — *Apparition de mutations albines chez* Trichoniscus (Spiloniscus) elisabethæ *Herold, et leur comportement héréditaire.* Note de M. **Albert Vandel**, présentée par M. Maurice Caullery.

La sous-famille des *Trichoniscinæ* renferme environ 120 espèces, dont près de la moitié sont partiellement ou totalement dépigmentées. La fréquence de formes dépigmentées chez les *Trichoniscinæ* permettait d'escompter l'apparition sporadique de mutations albines dans les lignées pigmentées normales. Cette induction s'est trouvée confirmée par la décou-

verte de deux mutations albines chez *Trichoniscus* (*Spiloniscus*) *elisabethæ* Herold.

Mutation alba. — Deux individus récoltés dans la partie occidentale de la Montagne Noire furent accouplés à l'automne 1931. Deux descendants de ce couple, donc frère et sœur, furent croisés et donnèrent, au début de 1933, une portée de 9 individus, dont 6 pigmentés, normaux (3 ♂ et 3 ♀), et 3 blancs, dépigmentés (1 ♂ et 2 ♀). Ces individus sont dépourvus de pigment, bien qu'un examen microscopique révèle la présence de taches colorées très limitées, en différents points du corps; ce qui indique que la dépigmentation est due, non à une disparition du pigment, mais à un inhibiteur qui s'oppose à son développement. L'appareil oculaire est présent, mais les trois ocelles (caractéristiques du sous-genre *Spiloniscus*) sont entièrement dépourvus de pigment, et apparaissent nettement séparés les uns des autres, alors qu'ils sont enrobés de pigment, et forment une masse compacte, vaguement trilobée, chez les individus normaux. Par le degré de régression du pigment, cette mutation rappelle certaines espèces naturelles, comme *Trichoniscoïdes cadurcensis* Vandel.

L'étude de la descendance montre que cette variation représente une mutation, que je propose de nommer *alba*. Il est probable que l'un des parents devait être hétérozygote pour le gène *alba*, et que les F_1 devaient l'être aussi, donnant à la F_2 une disjonction mendélienne.

Les trois individus blancs de la F_2 furent accouplés à des individus pigmentés, et c'est de ces croisements, dont le détail ne peut être donné ici, que furent extraits les individus *alba* qui ont servi aux expériences que je vais relater.

Le croisement *alba* × *alba* ne donne que des *alba* (75 individus observés).

Le croisement *pigmenté* × *alba* ne donne que des pigmentés (220 individus observés); ce qui prouve que la mutation *alba* est *récessive*.

Les F_1 pigmentés ont servi :

1° *A établir la* F_2. — A l'heure actuelle, les chiffres observés sont les suivants :

Chiffres observés...........	236 pigmentés	+	61 alba	=	297	individus
Chiffres théoriques.........	223 »	+	74 »	=	297	»

La mutation *alba* est donc régie par un *gène mendélien simple*. La proportion des individus blancs est un peu faible, ce qui tient au manque de vigueur des formes dépigmentées, dont la vitalité est moindre que celle des normaux et l'élevage plus délicat.

2° *A établir des croisements de retour* : $F_1 \times$ *alba*. — La descendance de ces croisementé se répartit en

18 pigmentés + 17 *alba*.

La proportion théorique est donc ici à peu près rigoureusement réalisée.

Mutation pallida. — Une femelle récoltée dans la Montagne Noire, au printemps 1935, donna quatorze descendants : treize normaux et une femelle *partiellement dépigmentée*. Le pigment fait principalement défaut sur la partie dorsale des premiers segments thoraciques. Les trois ocelles sont enrobés dans une masse de pigment comme les ocelles des individus normaux. Le degré de dépigmentation de cette mutation rappelle celui de certaines espèces naturelles comme *Trichoniscoïdes albidus* et *T. sarsi* (Vandel, 1925) ou encore *Spiloniscus pygmaeus*.

L'examen de la descendance de cette femelle prouve que la variation qu'elle présente est une mutation et non une somation. Mais on devait se demander si cette mutation était identique à la précédente. Pour le décider cette femelle fut accouplée à un mâle de la mutation *alba*. *Tous les individus* (26 individus observés) *issus du croissements de ces deux individus blancs sont pigmentés*. La femelle partiellement dépigmentée appartient donc à une mutation différente de la précédente. Les caractères morphologiques précédemment signalés permettent d'ailleurs de distinguer facilement ces deux mutations. Je propose le nom de *pallida* pour distinguer cette seconde mutation.

La F_2 doit donner une disjonction mendélienne suivant la proportion : 9 pigmentés, 4 *alba*, 3 *pallida*. Les chiffres obtenus jusqu'ici sont très satisfaisants :

Chiffres observés......	19	pigmentés	+ 10	*alba*	+ 7	*pallida*	= 36	individus.
Chiffres théoriques....	20,25	»	+ 9	»	+ 6,75	»	= 36	»

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la présence et la répartition de l'aluminium dans les tissus animaux.* Note de M. **Paul Meunier**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

L'identification et le dosage de l'aluminium normalement contenu dans les tissus des animaux a fait l'objet, à part quelques travaux isolés, principalement de trois recherches systématiques. La première, fondée sur une

analyse pondérale indirecte, a conduit Gonnermann ([1]) à des résultats considérablement faussés par excès. Les deux autres, celle de Myers, Mull et Morrison ([2]) et celle de Underhill et de ses collaborateurs ([3]), sont basées sur des mesures colorimétriques qui perdent beaucoup de leur certitude à cause de la petitesse des prises d'essai, de l'élimination incertaine du fer, des teneurs élevées en phosphore des tissus animaux etc.

Nous avons tenté d'appliquer directement aux animaux la méthode que nous avions décrite pour le dosage de très petites quantités d'aluminium dans les végétaux ([4]). Mais la pauvreté relative des premiers, en exigeant 5 à 10^{g} de matière sèche par essai, nous a obligé à compléter encore notre méthode d'analyse. Nous l'exposerons avant nos résultats.

a. Destruction de la matière organique. — Nous nous sommes adressé à la voie humide. Myers, Mull et Morrison (*loc. cit.*) avaient déjà employé les acides sulfurique et perchlorique. A ces deux acides nous avons associé l'acide nitrique. Les acides ont été purifiés au laboratoire par une double distillation des produits dits purs du commerce; et l'on opère dans un matras de quartz de 500^{cm^3}.

b. Isolement de l'aluminium. — La solution sulfurique obtenue est transvasée dans un tube à centrifuger avec les eaux de lavage du matras. On y ajoute une goutte de bleu de bromophénol, de l'acétate d'ammoniac et de l'ammoniaque jusqu'au virage au bleu de l'indicateur. On porte 10 minutes au bain-marie bouillant. A ce moment tout le fer et l'aluminium sont précipités à l'état de phosphates. On les sépare et on les lave par centrifugation et filtration. Puis le précipité est dissous dans 1^{cm^3} de HCl concentré. De cette solution on élimine le fer par addition de cupferron et dissolution du sel complexe dans le chloroforme exactement comme nous l'avons décrit pour les plantes (*loc. cit.*).

c. Dosage opacimétrique de l'aluminium. — En élevant le pH de la solution aqueuse à 4,0 environ, et en ajoutant à nouveau du cupferron, on produit un trouble colloïdal, dû à l'aluminium. La mesure de l'opacité de la solution permet de doser le métal, à condition de se conformer aux précautions déjà décrites (*loc. cit.*). En améliorant la méthode de mesure

---

([1]) *Bioch. Zeits.*, 88, 1918, p. 401.
([2]) *Journ. of Biol. Chem.*, 78, 1928, p. 595.
([3]) *The Amer. Journ. of Physiol.*, 90, 1929, p. 1.
([4]) *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 1250.

par l'emploi de notre électrophotomètre [1], nous avons reconnu que notre méthode de dosage restait valable et permettait d'atteindre une précision de 2 à 5 pour 100 sur le résultat final. De plus, en faisant les mesures d'absorption lumineuse avec 3 écrans colorés différents, on peut vérifier qualitativement que l'on dose bien de l'aluminium; le trouble dû au composé du fer ou du chrome n'a pas la même couleur que celui qui est produit par l'aluminium seul.

d. Résultats obtenus. — Cette méthode d'analyse a été appliquée à deux groupes d'animaux, des Herbivores (les organes étaient prélévés dans les abattoirs de Paris), et des animaux marins (récoltés à la Station biologique de Roscoff). Dans tous les cas, sauf pour le lait de Vache, nous avons trouvé de l'aluminium, et à des concentrations très variées.

Le tableau suivant contient nos principaux résultats.

Al *dosé en milligrammes par kilogramme d'organe sec* :

1° *Herbivores.*

	Cheval.	Vache.	Fœtus de veau.	Mouton.	Porc.
Muscle lingual	1,6	1,2			
Muqueuse linguale	8,0	5,2			
Muqueuse intestinale	11,0	30			
Foie	8,6	4,0	2,4	2,0	3,0
Pancréas	16,0	5,2	2,6	4,8	4,8
Poumon	7,4	8,0			

2° *Animaux marins.*

	Labre.	Roussette.	Homard.	Maïa.	Poulpe.
Muscle	3,6	7	13,2	8,0	10,9

Corps d'*Ascidia mentula* sans la cavité digestive : de 80 à 140.

L'examen de ces résultats conduit à rattacher la distribution de l'Al dans le règne animal à celle d'autres éléments rares. Voici les principales analogies que l'on peut relever. La distribution du métal entre le muscle et la muqueuse linguale au profit de cette dernière obéit à la loi découverte relativement au manganèse, au plomb, à l'étain et au zinc par G. Bertrand et ses collaborateurs. La muqueuse intestinale est encore plus riche, comme cela a été trouvé pour le manganèse. Parmi les glandes digestives, la richesse relative du pancréas rappelle le cas du nickel et du cobalt

[1] *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 1371.

[G. Bertrand et Machebœuf ([1])]. Enfin la teneur en métal augmente lorsque l'on descend dans l'échelle animale, comme pour d'autres métaux, comme le titane.

L'aluminium est donc bien un élément constant de la matière animale comme de la matière végétale; mais il est de 50 à 100 fois moins abondant dans la première que dans la seconde.

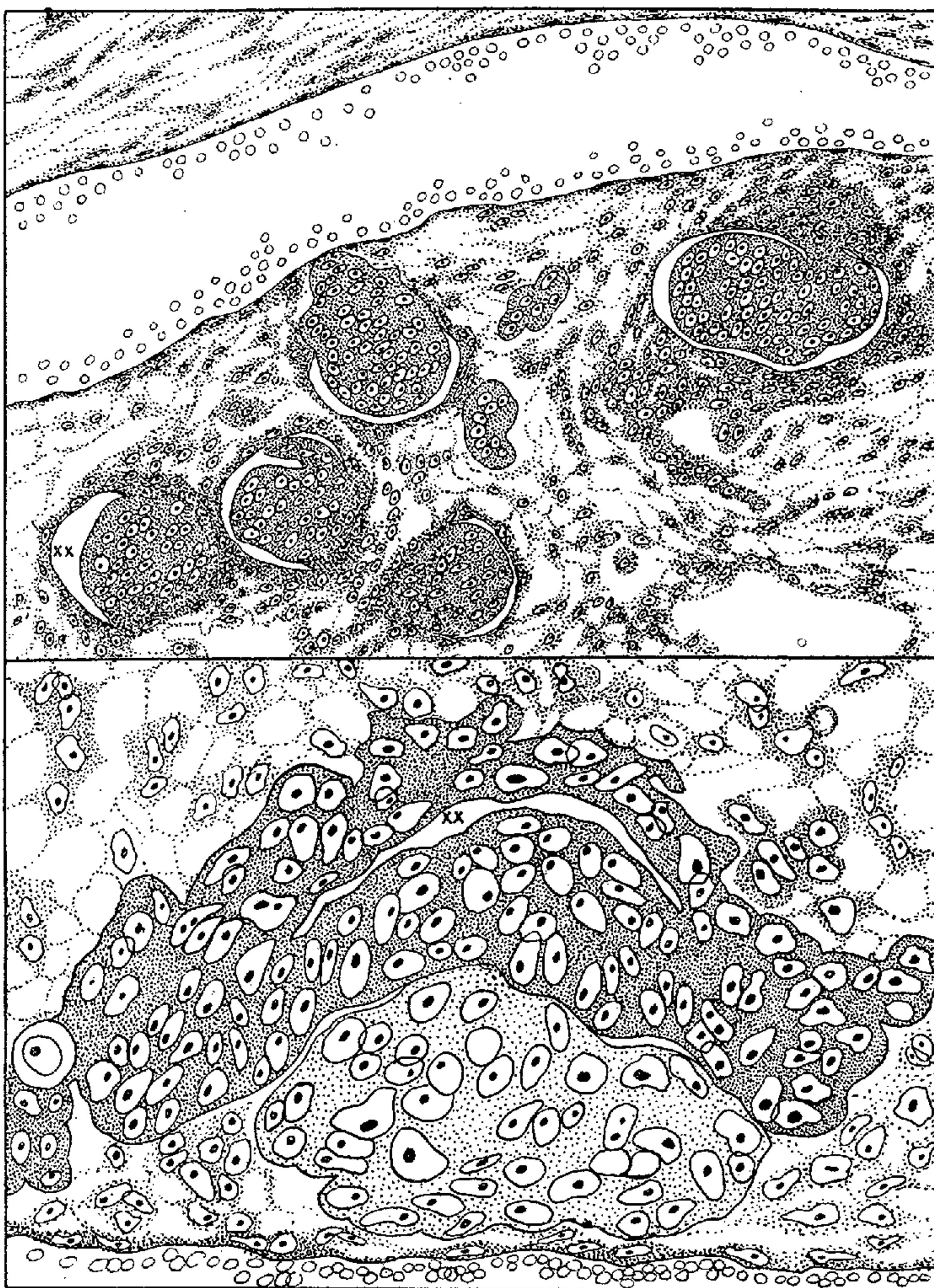
EMBRYOGÉNIE TÉRATOLOGIQUE. — *Sur la polyembryonie intravasculaire et les métastases à tissus multiples dans les embryomes du testicule.* Note ([2]) de MM. **Albert Peyron** et **Henri Limousin**, présentée par M. Maurice Caullery.

Nous avons mis antérieurement en évidence ([3]) la polyembryonie et plus récemment ([4]) les divers modes de multiplication et d'origine des boutons embryonnaires qui peuvent se reconstituer pendant toute l'évolution de l'embryome.

La présente Note est consacrée au passage et à la multiplication dans les vaisseaux sanguins de ces boutons à potentiel mixte, à la fois ecto et entoblastique. Ce processus, qui va éclairer toute l'évolution anatomo-clinique des tumeurs secondaires ou métastatiques, avait complètement échappé, comme les précédents, aux pathologistes et aux chirurgiens. Un cas favorable nous a permis de le découvrir par l'étude minutieuse (sur coupes sériées) des vaisseaux spermatiques, dans la zone périphérique d'infiltration d'un embryome malin. On y observe, dans les veines et parfois dans les artères, de nombreuses embolies néoplasiques, offrant les plus grandes variations dans leurs dimensions, la nature et le degré d'organisation de leurs trame interstitielle (fibrine, mesenchyme, néo-vaisseaux etc.), ainsi que dans les adhérences secondaires, à la paroi vasculaire. La volumineuse embolie, dont notre figure représente seulement un segment, renferme plusieurs dizaines de boutons, les plus typiques siégeant à la périphérie, au contact du sang, dont les sépare seulement l'endothélium. Dans le point figuré, ils montrent tous de faibles dimensions et paraissent être au même

([1]) *Bull. Soc. chim.*, 4e série, 37, 1925, p. 934.
([2]) Séance du 26 octobre 1936.
([3]) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 631.
([4]) *C. R. Société de Biologie*, 123, 1936, p. 409.

stade de développement; leur configuration et leur aspect indifférencié rappellent l'aspect d'une morula : leur signification spéciale est confirmée



Dans la moitié supérieure de la figure on voit la périphérie d'un noyau embolique situé à l'intérieur d'une veine, les petits boutons embryonnaires ont encore un aspect indifférencié; la délamination de l'amnios est en cours; en bas, vue à un plus fort grossissement d'un bouton en voie de différenciation; on y reconnaît la vésicule amnio-ectodermique et le massif entoblastique; la première est désignée par XX.

par les particularités suivantes : *a*, présence constante, à leur périphérie, d'une cavité amniotique en voie de creusement par délamination; *b*, présence, en d'autres points de l'embolie, de boutons plus volumineux et diffé-

renciés, dont les deux massifs ou vésicules amnio-ectoblastique et entoblastique sont déjà distincts (partie inférieure de la figure); *c*, présence, au niveau des troncs veineux voisins, ou encore sur le même, de boutons beaucoup plus volumineux, irréguliers et en voie de dislocation, qui engendrent les microkystes ecto et entodermiques du type habituel, ainsi que du mésenchyme.

En résumé, les boutons embryonnaires et leurs stades évolutifs se retrouvent identiques dans les embolies et leur évolution y est même beaucoup plus facile à suivre, car, dans la tumeur elle-même, l'analyse histologique est rendue difficile par le mélange de formations d'âges divers, secondairement envahies ou intriquées les unes dans les autres. Le processus que nous venons de décrire doit évidemment se poursuivre dans les divers segments du système vasculaire : ganglions et voies lymphatiques, foie, poumons etc; au niveau desquels l'arrêt des embolies détermine les métastases.

Il existe une série d'observations notant la présence de tissus multiples au niveau des métastases, et les auteurs avaient souligné depuis longtemps les difficultés d'interprétation de ces faits. Il arrive souvent que ces embryomes métastatiques aient un volume plus considérable que celui de l'embryome primitif, c'était le cas dans l'observation récente de Smadel (1). Dans le cas célèbre de Zansch (2), l'auteur adopta l'hypothèse peu vraisemblable de deux embryomes distincts et simultanés, d'une part dans le testicule, de l'autre dans la région lombaire (testicule surnuméraire). La série de nos observations sur la genèse et la migration de boutons embryonnaires polyvalents met fin définitivement à toutes ces difficultés ou erreurs d'interprétation.

PHYSIOLOGIE MICROBIENNE. — *Sur le rôle physiologique des codéhydrogénases pour* Hemophilus parainfluenzæ. Note de M. **André Lwoff** et de Mme **Marguerite Lwoff**, présentée par M. Félix Mesnil.

Hemophilus parainfluenzæ ne se multiplie en eau peptonée que si on lui fournit un facteur de croissance V que nous avons montré (3) être une codéhydrogénase : cozymase de Harden et Young ou coferment de Warburg, c'est-à-dire nucléotide-piridino-di- ou triphosphate.

(1) *American Jour. of Cancer*, 26, février 1936, p. 316.
(2) *Virchows Archiv*, 234, 1921, p. 226.
(3) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 520.

Les codéhydrogénases sont sans action sur la vitesse de réduction du bleu de méthylène et sur la consommation d'oxygène des bactéries cultivées en présence d'un excès de facteur V. Pour mettre en évidence le rôle physiologique spécifique des codéhydrogénases pour *H. parainfluenzæ*, il est nécessaire de cultiver les bactéries dans un milieu où la quantité de V soit le seul facteur limitant le développement. Quelques heures après l'arrêt de la multiplication, on obtient ainsi des bactéries qui ont épuisé une fraction plus ou moins importante de leurs codéhydrogénases et peuvent alors servir de réactif. De telles bactéries seront appelées bactéries V —.

Les bactéries V —, cultivées en peptone + glucose (centrifugées, suspendues en Ringer-phosphate de pH 7,5, recentrifugées, resuspendues), sont à peine capables d'oxyder le glucose, l'acide hexosemonophosphorique, les acides fumarique, pyruvique, malique, l'alcool éthylique, la *d*- et la *l*-valine, l'asparagine : réduction très lente du bleu de méthylène dans le tube de Thunberg-Keilin. Cette vitesse de réduction du bleu de méthylène est multipliée à peu près par 30 si l'on ajoute des codéhydrogénases.

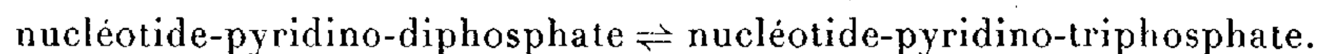
	Vitesse de réduction du bleu de méthylène par les bactéries V — cultivées en peptone+glucose	
Substrat.	sans codéhydrogénase.	avec codéhydrogénase (ajoutée dans le tube de Thunberg).
O (témoin)	0	0
Glucose	3	100
Pyruvate	<0,15	9
Fumarate	»	5,5
Malate	»	5
Alcool éthylique	»	7
Asparagine	»	5
d-valine	»	2,3
l-valine	»	2,3
d-*l*-lactate	13	17
Succinate	6	13

La vitesse de réduction d'une quantité donnée de bleu de méthylène avec le glucose comme substrat, en présence d'un excès de codéhydrogénase, est arbitrairement représentée par 100. Si T est le temps de réduction du bleu de méthylène en présence de glucose + codéhydrogénase, t' le temps de réduction avec un autre substrat, la vitesse, pour celui-ci, sera $T \times 100/t'$.

On notera que la vitesse d'oxydation du lactate et du succinate est très peu modifiée. La légère accélération produite par l'addition de codéhydrogénases doit être attribuée à l'attaque des produits d'oxydation de ces deux acides (pyruvate et fumarate) qui est liée à la présence de cozymase. L'oxydation du lactate et du succinate par *H. parainfluenzæ* se fait donc sans codéhydrogénases comme l'oxydation du lactate par les levures.

L'étude du rapport : temps de réduction du bleu de méthylène sans codéhydrogénases/temps de réduction en présence de codéhydrogénases, permet de définir ce que nous appelons l'*indice d'activation codéhydrogénasique* ou *i. c. a.* La valeur de l'*i. c. a.*, laquelle donne une mesure du pourcentage de codéhydrogénase disparue, d'après la formule $[(i.\ c.\ a. - 1)/(i.\ c.\ a.)] \times 100$, dépend de l'âge de la culture ou plus exactement, du temps depuis lequel les bactéries ont cessé de se multiplier faute de facteur V. La respiration des bactéries dont l'*i. c. a.* = 25 est augmentée environ 10 fois par les codéhydrogénases, la glycolyse aérobie et anaérobie, 20 fois. Il faut noter qu'au voisinage des doses limites, l'action des codéhydrogénases sur l'augmentation de la respiration et la vitesse de réduction du bleu de méthylène est quantitative.

Une période d'incubation de 90 à 150 secondes est nécessaire pour permettre aux codéhydrogénases de manifester leur action. Cette période d'incubation est la même quels que soient le substrat (acide pyruvique ou glucose) et la codéhydrogénase fournis. Les bactéries sont donc capables d'effectuer très rapidement la réaction


nucléotide-pyridino-diphosphate $\rightleftharpoons$ nucléotide-pyridino-triphosphate.

Fait remarquable, les bactéries V —, cultivées en peptone seule ou en peptone + pyruvate, et qui ont perdu 75 pour 100 de leur cozymase (oxydation très lente du pyruvate et du fumarate), sont capables d'oxyder le glucose et l'acide hexosemonophosphorique (ester de Robison) avec la même vitesse, que l'on ajoute ou non des codéhydrogénases. Au contraire, les bactéries V —, cultivées en peptone + glucose, ou en peptone + hexosemonophosphate, sont incapables d'oxyder le glucose et l'hexosemonophosphate. Nous pouvons conclure que le coferment de Warburg, auquel est liée l'oxydation de l'hexosemonophosphate, n'est utilisé et ne disparaît qu'en présence du substrat spécifique. La disparition de la cozymase des bactéries V — en eau peptonée doit être en relation avec l'oxydation de la partie ternaire des acides aminés.

Il apparaît donc que si les bactéries sont capables d'effectuer rapidement

la réaction nucléotide-pyridino-diphosphate ⇌ nucléotide-pyridino-triphosphate quand on leur fournit des codéhydrogénases, elles ne sont cependant pas toujours capables d'effectuer la transformation coferment de Warburg → cozymase. Il est probable que les codéhydrogénases peuvent exister dans les bactéries sous deux formes : 1° une forme libre qui suit immédiatement leur absorption et sous laquelle leur intertransformation est possible ; 2° une forme combinée sous laquelle cette intertransformation est impossible ou très lente. Il est vraisemblable que les codéhydrogénases sont combinées avec leurs déshydrogénases spécifiques.

INFRAMICROBES. — *Taille approximative du virus poliomyélitique.* Note de MM. **Constantin Levaditi, Carl Kling, Mladen Païc** et **Perez Haber**, présentée par M. Félix Mesnil.

La *filtrabilité* du virus poliomyélitique a été démontrée, en 1909, par Levaditi et Landsteiner (1) et confirmée par Flexner et Lewis (2); son ultrafiltrabilité à travers du papiper-filtre imbibé de collodion, par Krueger et Schultz (3), en 1929. L'application de la méthode d'ultrafiltration par des membranes de collodion à perméabilité calculée [Elford (4)], a permis à Theiler et Bauer (5) de préciser, avec une certaine approximation, les dimensions de l'unité virulente; elle oscillerait entre 12 et $17^{m\mu}$ (point final = $0^{\mu},035$). Elford, Galloway et Perdrau (6) ont confirmé ces données (taille = 8 à $12^{m\mu}$; point final : $0^{\mu},030$). L'élément virulent du virus de la paralysie infantile aurait donc des dimensions excessivement réduites, se rapprochant de celles du virus de la fièvre aphteuse et de certains bactériophages.

Nous avons utilisé, en collaboration avec Mlle D. Krassnoff, la même méthode, afin de comparer, du point de vue de leurs tailles respectives, le virus de la rage (fixe et des rues) et celui de la poliomyélite. Voici nos résultats concernant ce dernier.

Expérience. — Virus poliomyélitique souche américaine; concentration

(1) *C. R. Soc. de Biol.*, 66, 1909, p. 787.
(2) *J. Am. Med. Assoc.*, 53, 1909, p. 2095.
(3) *Proc. of the Soc. Exp. Biol. a. Med.*, 26, 1929, p. 600.
(4) *Journ. of Pathol. and Bact.*, 34, 1931, p. 505.
(5) *Journ. of exp. Med.*, 60, 1934, p. 767.
(6) *Journ. of Pathol and Bact.*, 40, 1935, p. 135.

(milieu de Hartlay) à 10 pour 100. Ultrafiltration à travers trois membranes de $0^{\mu},15$, $0^{\mu},058$ et $0^{\mu},013$. Titrage au 100e et au 1000e. Inoculation des filtrats au *Macacus rhesus* par voie intra-cérébrale ($0^{cm^3},5$) et intranasale.

Membranes.	Non dilué.	Dilué au 1/100e.	Dilué au 1/1000e.
Non filtré (test)....	Rhesus 31. Mort paralysé le 9e jour. Lés. +	Rhesus 32. Mort paralysé le 6e jour. Lés. +	Rhesus 33. Mort paralysé le 10e jour. Lés. +
$0^{\mu},15$	Rhesus 34. Mort paralysé le 12e jour. Lés. +	Rhesus 35. Survit	Rhesus 36. Survit
$0^{\mu},058$	Rhesus 40. Mort paralysé le 9e jour. Lés. +	Rhesus 27. Survit	Rhesus 28. Survit
$0^{\mu},013$	Rhesus 41. Survit	Rhesus 29. Survit	Rhesus 30. Survit

Il y a lieu de conclure ce qui suit :

1° Une souche de virus poliomyélitique, virulente au $1/1000^{e}$, ultrafiltrée à travers des membranes en collodion dont les pores ont un diamètre de $0^{\mu},15$ et de $0^{\mu},058$, fournit des filtrats virulents, alors que le résultat est négatif, si l'ultrafiltration est effectuée à travers une membrane de $0^{\mu},013$. Toutefois, l'ultrafiltration détermine un appauvrissement considérable du virus en unités virulentes;

2° Le point terminal doit donc se trouver entre $0^{\mu},058$ et $0^{\mu},013$, ce qui est en accord avec les résultats de Theiler et Bauer et d'Elford et ses collaborateurs, soit $0^{\mu},035$ et $0^{\mu},030$, ce qui correspondrait à une taille d'environ $15^{m\mu}$.

M. **F. Tavani** (1) adresse une Note intitulée *La vélocité de la lumière et la nouvelle théorie de la pesanteur.*

La séance est levée à $15^{h}35^{m}$.

A. Lx.

(1) Séance du 19 octobre 1936.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 9 NOVEMBRE 1936.

PRÉSIDENCE DE M. JEAN PERRIN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **Émile Picard**, en déposant sur le bureau un volume intitulé *Analogies entre la théorie des équations différentielles linéaires et la théorie des équations algébriques*, s'exprime en ces termes :

On trouvera dans ce volume les études que j'ai faites autrefois sur l'extension aux équations différentielles linéaires des idées de Galois sur les équations algébriques. Elles avaient été déjà publiées dans le Tome III de mon *Traité d'Analyse*, mais je me suis rendu au désir de diverses personnes souhaitant voir reproduites à part des études qui ont été l'origine de nombreux travaux. On trouvera d'ailleurs au début du livre toutes les indications nécessaires sur les groupes continus de transformations de Sophus Lie.

MÉTÉORITES. — *Sur des météorites (aérolithes) trouvées dans le Tanezrouft (Sahara occidental)*. Note [1] de M. **Alfred Lacroix**.

M. Théodore Monod a récemment rapporté au Muséum, d'une dure exploration dans le Sahara occidental, deux météorites qu'il a trouvées dans le Tanezrouft central, à 340^{km} nord-ouest de l'In Dagouba et à 135^{km} nord-sud-ouest de Ouallen (24° 10′ lat. Nord, 0° 5′ long. Est).

Depuis plusieurs jours, l'expédition traversait un reg formé de graviers quartzeux bien calibrés sur quoi était très apparent le moindre objet

---

[1] Séance du 3 août 1936.

étranger. Le 12 février 1936, l'explorateur aperçut à quelques centaines de mètres de distance des fragments de deux météorites tranchant par la couleur noire de leur croûte sur le fond blanchâtre du quartz.

Ces deux météorites sont constituées par des pierres plates, l'une brisée en onze morceaux, de taille inégale, disséminés sur une surface d'environ 1^{m^2}. Ces fragments ont permis de reconstituer la pièce initiale dont les dimensions ont environ $23^{cm} \times 21 \times 7$. L'ensemble pèse $4^{kg},849$, le poids de la pièce intacte devait être d'environ 5^{kg}.

L'autre météorite a été brisée en deux fragments dont le poids est de 325^{g}; elle mesure $11^{cm} \times 7 \times 2$. Elle est à peu de chose près complète.

La croûte de la grosse pierre est uniforme, la surface est ondulée, des piézoglyptes sont peu nombreux et peu profonds : leur forme est souvent indécise. La surface entière est d'origine primaire. Il n'en est plus de même pour l'une des surfaces d'aplatissement de la plus petite météorite qui est recouverte par un enduit noir, très mince, qui laisse voir les détails de la cassure rugueuse sous-jacente : c'est donc une croûte secondaire, formée plus près du point de chute que celle du reste de la pièce.

Il n'est pas douteux que ces deux météorites proviennent de la même chute, mais on doit ajouter que celle-ci a dû être extrêmement récente; en effet les gros fragments de la première pièce se trouvaient au fond d'une sorte d'entonnoir intact, n'ayant que quelques centimètres de profondeur, en outre, toutes les cassures de ces pierres sont fraîches et ne présentent que, çà et là, quelques taches jaunes d'oxydation, formées aux dépens des fines grenailles du fer métallique.

Enfin ces deux échantillons ne diffèrent en rien l'un de l'autre, aux points de vue minéralogique et structural.

La densité est de 3,759. La cassure est de couleur grise; d'assez nombreux chondres sont solidement encastrés dans un fond finement cristallin. L'olivine est accompagnée de bronzite et de clinobronzite moins abondant; certains de leurs cristaux sont entourés d'une étroite bordure de pigeonite. Les chondres, comme d'ordinaire dans ce type de météorite, sont très variés de composition et de structure. Il faut signaler, dans les intervalles des chondres et des fragments des minéraux précédents, de petites plages d'un feldspath non maclé (oligoclase) et de merrillite. J'ai rencontré une plage de ce dernier minéral enveloppant le feldspath, ce qui prouve la postériorité aux silicates.

Le fer nickelé forme de petites plages anguleuses, souvent ramifiées, dont les dimensions varient de quelques μ à plusieurs millimètres. La pyrrhotine

se présente sous la même forme, mais avec des dimensions plus petites; dans le traitement de la météorite pulvérisée, elle se concentre avec les minéraux non attirables, sa susceptibilité magnétique est donc très faible.

L'attaque par l'acide picrique de surfaces polies montre que le fer métallique est hétérogène, il est essentieellement constitué par la kamacite entourée par une étroite bordure de tænite.

La composition ci-contre est le résultat de la combinaison de l'analyse de la portion silicatée de la météorite (77,55 pour 100) effectuée par M. Raoult et de la partie métallique (22,33 pour 100) analysée par M. Jouravsky.

SiO^2	37,16	78,05
Al^2O^3	1,99	
FeO	10,10	
MnO	0,18	
MgO	24,52	
CaO	1,87	
Na^2O	0,98	
K^2O	0,29	
TiO^2	0,32	
P^2O^5	0,27	
Cr^2O^3	0,32	
S	2,05	22,33
Fe	18,88	
Ni	1,36	
Co	0,04	
	100,38	

De ces résultats minéralogiques et chimiques, il faut conclure que les météorites du Tanezrouft doivent être rangées parmi les chondrites pliosidérifères.

ASTROPHYSIQUE. — *Régularités dans le spectre des noyaux cométaires.* Note (¹) de MM. **Jean Cabannes** et **Jean Dufay**.

Le noyau des comètes émet un spectre caractéristique dont aucune radiation n'a encore été identifiée. Les plus intenses d'entre elles forment deux groupes : le plus important vers 4050 Å, l'autre vers 4300 Å. Le dépouillement de toutes les observations faites sur 26 comètes, de 1881

(1) Séance du 26 octobre 1936.

à 1925, a permis à Baldet (¹) de reconstituer ce spectre des noyaux; il y trouve 36 radiations observées avec certitude dans les spectres de plusieurs comètes et une soixantaine de radiations faibles, rares ou douteuses. Le tableau suivant, extrait du Mémoire de Baldet, contient les longueurs d'onde (présumées exactes à ± 1 Å près) et les fréquences (en cm^{-1}) des 36 radiations certaines, avec leur intensité dans la comète Brookes (1911 c).

	(λ air).	(ν vide).		(λ air).	(ν vide).		(λ air).	(ν vide).
5	6300	15869	6	4304,2	23227	7	4067,7	24577
3	4928,5	20284		4301,1	23243	10	4051,6	24675
3	4840,4	20654	3	4291,7	23294	9	4043,0	24727
2	4724,2	21162	2	4264,2	23444		4039,6	24748
1	4477	22330	2	4255,8	23491	3	4032,6	24791
1	4440	22516	1	4238	23589	8	4020,1	24868
1	4430	22567		4230	23634		4014,5	24903
1	4412	22659	1	4124,6	24238	4	4002,0	24981
2	4350	22982	3	4109,3	24328	4	3993,1	25036
3	4335	23062	3	4099,6	24385	3	3988,4	25066
3	4329	23094	2	4085,1	24473	2	3968,4	25192
9	4313,8	23175	9	4074,0	24539	2	3910,9	25562

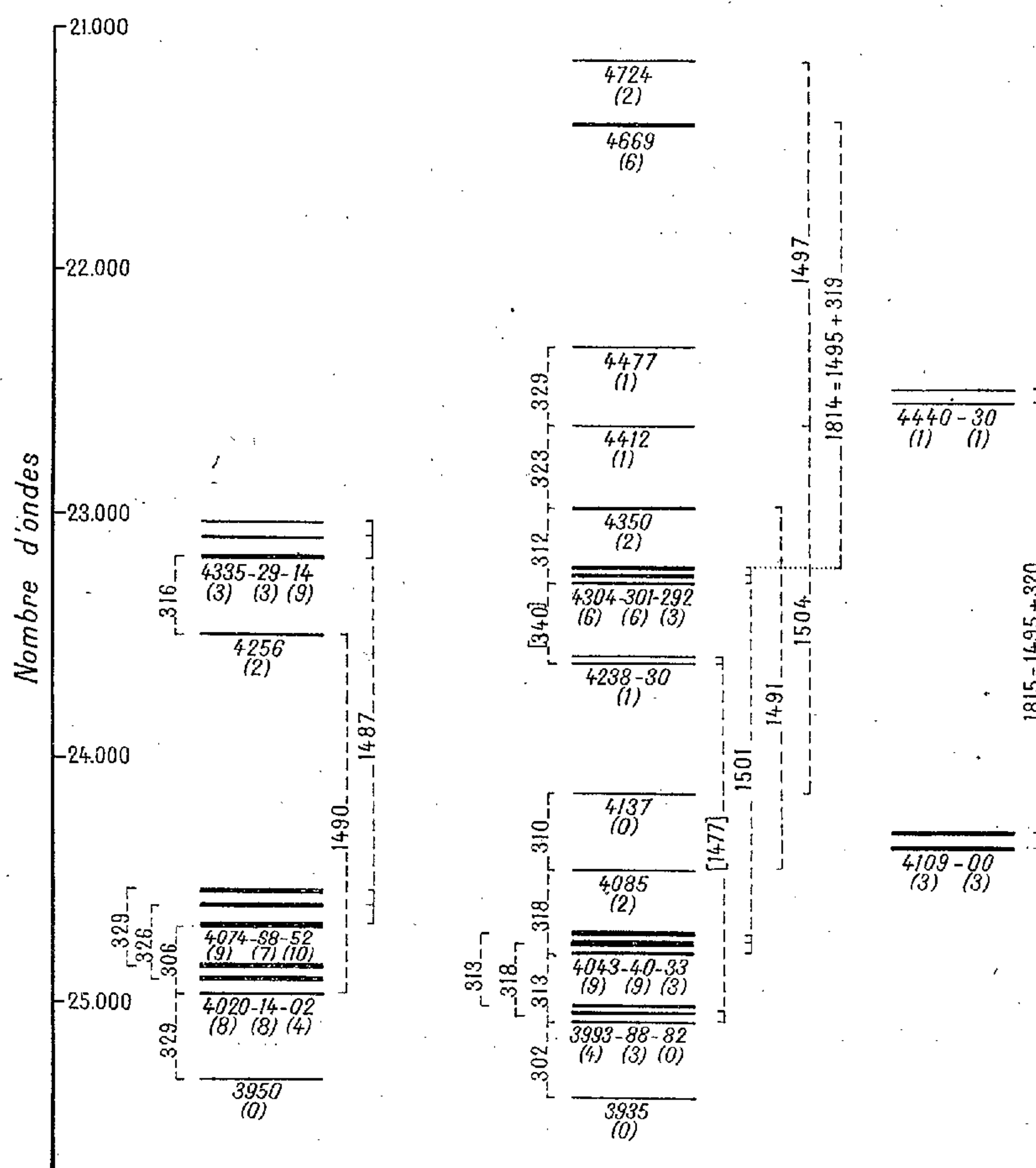
Nous nous proposons de montrer qu'il existe entre ces nombres des relations simples qui permettent une classification des radiations caractéristiques des noyaux cométaires et qui faciliteront la recherche de leur origine.

On voit immédiatement que la plupart des radiations des groupes 4050 et 4300 se correspondent deux à deux. Ainsi à la raie la plus intense du premier groupe 4052(10) correspond la plus intense du second 4314(9) avec un intervalle de 1500 cm^{-1}; le même intervalle sépare le triplet 4033-4040-4043 du triplet 4292-4301-4304. En outre, dans chacun des groupes violet et indigo, apparaît un autre intervalle caractéristique voisin de 320 cm^{-1}. Le schéma suivant, dans lequel chaque trait horizontal représente une des radiations, montre la classification à laquelle nous sommes conduits. Les radiations y sont désignées par leur longueur d'onde en angströms; les intervalles caractéristiques $\Delta\nu$, évalués en nombres d'ondes par centimètre, sont écrits dans le sens vertical. L'épaisseur des traits horizontaux donne une idée de l'intensité de la raie correspondante.

Nous avons ainsi classé 29 des 36 radiations du Tableau de Baldet. Nous n'avons pas pu faire entrer dans le schéma les radiations 4928, 4840,

(¹) *Ann. Observ. Astronomie physique de Meudon*, 7, 1926, p. 53.

4264, 4125, 3968, 3911 ni la raie 6300 qui est sans doute la raie ($^2D_1 \rightarrow {}^3P_2$) de OI. En revanche nous avons utilisé la radiation 4669 (6) omise par Baldet et 4 radiations indiquées par lui comme faibles, rares ou douteuses, auxquelles nous avons donné, dans le schéma, l'intensité 0 (4137, 3982,



Spectre des noyaux cométaires

3950 et 3935). Comme les longueurs d'onde ne sont déterminées qu'à ± 1 Å près, il faut s'attendre à des écarts de 12 cm^{-1} dans la mesure des $\Delta\nu$. Leurs valeurs moyennes sont très voisines de 1495, 320 et $1495 + 320 = 1815$ cm^{-1}.

En résumé, *toute classification des radiations des noyaux cométaires doit faire apparaître les différences* 1495 *et* 1815 cm^{-1}.

M. **Jean Sabrazès**, par l'organe de M. **H. Vincent**, fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage écrit avec la collaboration de M. **R. de Grailly** : *Le milieu synovial physiologique et pathologique. Introduction à l'étude de la Pathologie articulaire.*

Cet Ouvrage, remarquablement édité, expose le problème de la biologie et de la pathologie des articulations, des synoviales et des liquides synoviaux.

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de l'Éducation nationale** invite l'Académie à lui présenter une liste de deux candidats à la place vacante au Bureau des Longitudes par le décès de M. *Maurice Hamy*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Henri Mémery. *Les bases de l'influence des phénomènes solaires en météorologie.*

2° G. van Lerberghe et P. Glansdorff. *Thermodynamique des gaz humides. Théorie et Applications.*

3° Jean Vinchon. *Mesmer et son secret.*

4° René Malbrant. *Faune du Centre Africain Français (Mammifères et Oiseaux.)* (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

5° A. Jeannin. *Les Mammifères sauvages du Cameroun.* (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

M. **Paul Lebeau** prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la place vacante dans la Section de Chimie par le décès de M. *H. Le Chatelier*.

M. **Louis Roy** prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la place de Membre non résidant vacante par le décès de M. *Ch. Nicolle*.

THÉORIE DES NOMBRES. — *Sur la représentation multiplicative dans les corps de nombres $\mathfrak{P}$-adiques relativement galoisiens.* Note de M. **Marc Krasner**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Soient K un corps de nombres $\mathfrak{P}$-adiques de degré fini, k un sous-corps de K par rapport auquel K est galoisien, G le groupe de Galois de K/k, V le groupe de ramification de K/k, K_0/k le corps de ramification de K/k; f, $e = hp^n$ [avec $(h, p) = 1$] le degré et l'ordre de l'idéal premier $\mathfrak{P}$ de K dans K/k; f_0, e_0 le degré et l'ordre absolus de l'idéal premier $\mathfrak{P}$ de k; A le groupe multiplicatif des entiers de $K \equiv 1 \pmod{\mathfrak{P}}$, A_0 celui des entiers de K_0 qui sont $\equiv 1 \pmod{\mathfrak{P}}$, H_0 celui des normes par rapport à K_0 des nombres de K, et $H'_0 = A_0 \cap H_0$.

Soit Γ l'anneau de groupe engendré par G sur l'anneau des entiers p-adiques rationnels.

Définition 1. — $\sigma_1, \sigma_2, \ldots, \sigma_q$ étant les éléments de G, $u_1, u_2, \ldots, u_q$ étant des entiers p-adiques rationnels, soit $\zeta = \sum_{i=1}^{q} u_i \sigma_i$. C'est un élément de Γ. α étant un élément de A, on désigne par α^ζ et on appelle puissance de α d'exposant ζ le nombre

$$\alpha^\zeta = (\sigma_1 \alpha)^{u_1} (\sigma_2 \alpha)^{u_2} \ldots (\sigma_q \alpha)^{u_q}.$$

$\alpha_1, \alpha_a, \ldots, \alpha_s$ étant les éléments de A, on désigne par $(\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_s)$ l'ensemble de tous les produits de la forme $\alpha_1^{\zeta_1} \alpha_2^{\zeta_2} \ldots \alpha_s^{\zeta_s}$, $\zeta_1, \zeta_2, \ldots, \zeta_s$ étant des éléments de Γ. C'est un groupe multiplicatif.

Théorème I. — *Il existe $e_0 f_0$ éléments $\alpha_1, \alpha_2 \ldots, \alpha_{e_0 f_0}$ de* A *tels que le groupe $(\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_{e_0 f_0})$ soit d'indice fini dans* A. *Si $\beta_1, \beta_2, \ldots, \beta_s$ sont des éléments de* A *tels que $(\beta_1, \beta_2, \ldots, \beta_s)$ soit d'indice fini dans* A, *on a $s \geqq e_0 f_0$.*

Soit $r = e_0 f_0 + \lambda$ le plus petit entier tel que A puisse se mettre sous la forme $(\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_r)$. r s'appellera le Γ-rang de K/k, et λ le Γ-supplément de K/k. On peut montrer qu'on peut alors choisir les α_i de manière à ce que $(\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_{e_0 f_0})$ soit d'indice fini dans A, ce qui sera supposé dans la suite.

Soit μ le plus petit entier tel que A_0 puisse se mettre sous la forme $A_0 = (\beta_1, \beta_2, \ldots, \beta_\mu)$, H'_0, $\beta_1, \beta_2, \ldots, \beta_\mu$ étant des éléments de A_0. Il est évident que μ ne dépasse pas le Γ_0-rang de K_0/k, Γ_0 étant l'anneau de groupe engendré sur l'anneau des entiers p-adiques par K le groupe de Galois de K_0/k.

Avec M. Hensel, nous appellerons K régulier ou irrégulier suivant qu'il ne contient pas ou qu'il contient les racines $p^{\text{ièmes}}$ primitives de l'unité.

THÉORÈME II. — *Si* K *est régulier, on a* $\lambda = \mu$. *Si* K *est irrégulier, on a ou bien* $\lambda = \mu$ *ou bien* $\lambda = \mu + 1$, *et la structure de* H'_0 *détermine entièrement celle de ces possibilités qui se réalise. Si* K *est irrégulier et si* $\mu = 0$, *on a* $\lambda = \mu + 1 = 1$.

CONSÉQUENCE 1. — *Le* Γ *rang de* K/k *est égal à celui du plus grand sous-corps de* K *contenant* K_0 *et abélien par rapport à* K_0.

CONSÉQUENCE 2. — *Pour que* $\lambda = 0$, *c'est-à-dire* $r = e_0 f_0$, *il faut et il suffit que* K *soit régulier et que* $K = K_0$; *si* $K = K_0$ *est irrégulier, on a* $r = e_0 f_0 + 1$.

CONSÉQUENCE 3. — *On a toujours* $r \leqq 2(e_0 f_0 + 1)$, *et, si* K *est régulier*, $r \leqq 2 e_0 f_0$.

THÉORÈME III. — *Si* K/K_0 *est abélien*, V *est produit direct de* μ *groupes* $g_1, g_2, \ldots, g_\mu$ *invariants dans* G. *Si* K_j *est le sous-corps de* K/k *qui appartient au groupe* g_j $(j = 1, 2, \ldots, \mu)$, *on peut choisir les* α_i *de manière à ce que* $A = (\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_r)$, *que* $\alpha_{e_0 f_0 + j} \in K_j$ *et que*

$$[N_{K_1 | K_0}(\alpha_{e_0 f_0 + 1}),\ N_{K_2 | K_0}(\alpha_{e_0 f_0 + 2}),\ \ldots,\ N_{K_\mu | K_0}(\alpha_{e_0 f_0 + \mu})] . H'_0 = A_0.$$

Cas particulier. — Supposons que k soit le corps des nombres p-adiques rationnels. On a $e_0 f_0 = 1$, et K est galoisien absolu. Les résultats précédents donnent alors le

THÉORÈME IV. — *Si* K *est galoisien absolu, on peut trouver* $r = 1 + \lambda \leqq 4$ *éléments* $\rho, \alpha_1, \ldots, \alpha_\lambda$ de A tels que : 1° $(\rho, \alpha_1, \ldots, \alpha_\lambda) = A$; 2° (ρ) soit d'indice fini dans A.

En particulier, si K est régulier et $K = K_0$, $r = 1$, $\lambda = 0$; si K est irrégulier et $K = K_0$, si K est régulier et $K \neq K_0$, $r = 2$, $\lambda = 1$; si K est irrégulier et $K \neq K_0$, $r = 2$, 3 ou 4, $\lambda = 1$, 2 ou 3.

Si K/K_0 est une extension abélienne et si $\mu = 1$ (ce qui a toujours lieu si $K \neq K_0$ est régulier), α_1 peut être pris dans K_0 et tel que $A_0 = (\alpha_1) H'_0$.

Exemple. — ε désignant une racine p^n-ième primitive de l'unité, π un nombre d'ordre 1 pour l'idéal premier du corps engendré par ε sur le corps des nombres p-adiques rationnels, toute unité $\equiv 1 \pmod{\pi}$ du corps en question se met d'une manière et d'une seule sous la forme

$$\varepsilon^a (1 + p)^b \rho^\zeta$$
$$(a = 0, 1, \ldots, p^n - 1;\ b = 0, 1, \ldots, p^n - 1;\ \zeta \text{ parcourt les éléments de } \Gamma),$$

où ρ est un nombre convenable du corps.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Sur la formule de Taylor et la géométrie différentielle des ensembles.* Note de M. **Frédéric Roger**, présentée par M. Émile Borel.

Le but de cette Note est de montrer que la formule de Taylor, loin d'être l'apanage des fonctions analytiques, a lieu pour toute fonction en presque tout point où elle admet une différentielle totale. Bien entendu, les intervalles de convergence de la série correspondante ne sont différents de zéro que si la fonction est analytique et les coefficients, exception faite des termes du premier ordre, ne sont les dérivées partielles que si ces dernières existent.

D'une manière précise, *une fonction réelle de variables réelles, définie sur un ensemble parfait, est indéfiniment différentiable dès qu'elle l'est une première fois, sauf peut-être en des points dont l'ensemble est doublement rare : 1° au point de vue métrique, sa mesure de Borel-Lebesgue est nulle; 2° au point de vue topologique ou descriptif, il est de première catégorie de Baire (réunion d'une infinité dénombrable d'ensembles non denses sur l'ensemble parfait).*

Prenons d'abord le cas d'une seule variable. En un point x_0 où une fonction $f(x)$ est différentiable une première fois (c'est-à-dire ici dérivable), on définit les quotients différentiels successifs : $f_1(x_0) = f'(x_0)$, $f_2(x_0)$, ..., $f_{k-1}(x_0)$ étant les $k-1$ premiers, $f_k(x_0)$ est la limite unique finie, si elle existe, quand x tend vers x_0, du rapport

$$\left[f(x) - f(x_0) - \frac{x-x_0}{1\,!} f_1(x_0) - \frac{(x-x_0)^2}{2\,!} f_2(x_0) - \ldots - \frac{(x-x_0)^{k-1}}{(k-1)\,!} f_{k-1}(x_0)\right] : \frac{(x-x_0)^k}{k\,!}.$$

Théorème. — *Les points où les quotients différentiels existent jusqu'à l'ordre k exclusivement forment un ensemble de mesure nulle et de première catégorie.*

La démonstration se base sur une idée de propagation approchée, mise en lumière par M. Arnaud Denjoy dans son grand Mémoire de 1915 sur les nombres dérivés des fonctions continues ([1]). Mais au lieu de s'effectuer au voisinage de droites, cette propagation se fait au voisinage de courbes

([1]) A. Denjoy, *Journ. de Math. pures et appl.*, 7e série, 1, 1915, p. 105-240.

de degré k

$$y - a_1 x - a_2 x^2 - \ldots - a_k x^k = y_0 - a_1 x_0 - a_2 x_0^2 - \ldots - a_k x_0^k$$

(les a étant en infinité dénombrable partout dense). De plus, l'approximation en est aussi bien assurée par l'hypothèse de la densité topologique que par celle de la mesure positive. Enfin, en faisant porter cette propagation approchée sur un sous-ensemble de structure simple, on se dispense de supposer $f(x)$ continue et l'on atteint les fonctions de plusieurs variables.

Plus généralement, nous dirons que la fonction $f(x_1, \ldots, x_p)$ admet au point $(x_1^0, \ldots, x_p^0)$ le polynome $P_k(x_1 - x_1^0, \ldots, x_p - x_p^0)$ (alors unique) de degré k comme *différentielle supérieure d'ordre* k si

$$\overline{\lim_{r=0}}[f(x_i) - f(x_i^0) - P_i(x_i - x_i^0)] : r^k = 0, \qquad \text{où} \quad r = \sqrt{\sum_{i=1}^{p} (x_i - x_i^0)^2}.$$

Théorème. — *Les points où la différentielle supérieure (inférieure) existe jusqu'à l'ordre* k *exclusivement forment un ensemble de mesure nulle et de première catégorie.*

L'étude géométrique qui nous a permis de transformer les résultats de M. Arnaud Denjoy sur les nombres dérivés des fonctions continues d'une variable (Mémoire cité) en des propriétés tangentielles des ensembles euclidiens quelconques ([1]), permet ici encore de transformer les résultats fonctionnels précédents en des propriétés géométriques différentielles de ces ensembles.

Théorème. — *Un ensemble euclidien à* n *dimensions admet en un point les éléments de contact d'ordre aussi élevé qu'on le veut d'une variété analytique à* p *dimensions* $(p < n)$ *dès qu'il y admet celui du premier ordre, une variété linéaire tangente à* p *dimensions* ([2]), *sauf peut-être en des points dont l'ensemble est doublement rare pour la dimension* p : 1° *sa mesure* p*-dimensionnelle est nulle;* 2° *c'est la réunion d'une infinité dénombrable d'ensembles, chacun d'eux étant situé sur une variété élémentaire à* p *dimensions de mesure* p*-dimensionnelle finie sur laquelle il est non dense.*

---

(1) *Comptes rendus*, **201**, 1935, p. 871. Voir aussi (*Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 1403) une extension aux directions tangentiellement auxquelles sont atteintes les limites en un point d'une fonction (dont la classe peut être notablement étendue) qui se prolonge de même pour les ordres supérieurs.

(2) Nous savons qu'il en est ainsi (première Note citée) dès qu'existe une variété linéaire à n-p dimensions ne contenant aucune position limite de demi-sécante, à une exception près doublement rare au sens ci-après.

Ainsi, sauf exception doublement rare linéairement, en un point où un ensemble euclidien à trois dimensions (pour fixer les idées) admet une tangente unique, il admet un plan osculateur, un cercle osculateur, situé dans ce plan, une sphère osculatrice; une courbure, égale à celle du cercle osculateur, une torsion; ces éléments étant définis comme les limites uniques, quand elles existent, respectivement d'un plan passant par la tangente, d'un cercle tangent au point à la tangente, d'une sphère passant par le cercle osculateur, et passant par un point de l'ensemble infiniment voisin; du rapport, à la longueur infiniment petite d'une sécante, du double de l'angle qu'elle fait avec la tangente, du triple de l'angle que fait, avec le plan osculateur, le plan qu'elle détermine avec la tangente.

De même, sauf exception doublement rare superficiellement, en un point où l'ensemble admet un plan tangent, chaque section normale admet une courbure, qui vérifie la formule d'Euler; il existe une indicatrice de Dupin, limite unique, quand h tend vers zéro, de l'homothétique dans le rapport $1/\sqrt{h}$ de la section de l'ensemble par un plan parallèle au plan tangent à la distance h, qui représente cette formule; tout sous-ensemble y admettant une tangente, y admet un plan osculateur et une courbure, qui est égale à celle de la section de l'ensemble par ce plan; les courbures des sections dont le plan pivote autour d'une droite du plan tangent vérifient le théorème de Meusnier.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Les ensembles projectifs et l'opération* (A). Note de M. **Casimir Kuratowski**, présentée par M. Émile Borel.

La famille des ensembles projectifs (dans le sens de M. Lusin) se partage en classes $P_0, P_1, \ldots$, et $C_0, C_1, \ldots$, où $P_0 = C_0 =$ famille des ensembles boreliens, P_n est la famille des images continues (projections) des ensembles de classe C_{n-1} et C_n est la famille des ensembles complémentaires aux ensembles de classe P_n. Nous allons démontrer le suivant :

Théorème. — *Les classes* C_n *avec* $n > 1$ *sont invariantes par rapport à l'opération* (A) (¹).

En d'autres termes : si à chaque système fini $k_1 \ldots k_m$ d'entiers positifs correspond un ensemble $A_{k_1\ldots k_m}$ de classe C_n, l'ensemble $S = \Sigma A_{k_1} A_{k_1 k_2} \ldots$,

(¹) L'invariance des classes $P_n (n > 0)$ s'établit d'une façon très simple. Voir par exemple ma *Topologie I* (Varsovie 1933), p. 240.

où la sommation s'étend à toutes les suites infinies $\{k_m\}$, est de classe C_n.

1. Sans restreindre la généralité on peut admettre que $A_{k_1 \ldots k_m}$ contient toujours $A_{k_1 \ldots k_m k_{m+1}}$. Les ensembles $A_{k_1 \ldots k_m}$ peuvent être numérotés alors à l'aide des nombres rationnels (désignons-les de ce moment par W_r) de façon que l'on ait $x \varepsilon S$ dans ce cas et dans ce cas seulement lorsque l'ensemble T_x des indices r tels que $x \varepsilon W_r$ n'est pas bien ordonné (1); $\tau(x)$ désignant le type d'ordre de T_x, il s'agit donc de démontrer que l'ensemble complémentaire de S, c'est-à-dire l'ensemble des x tels que $\tau(x) < \Omega$ est de classe P_n.

2. Rangeons tous les nombres rationnels en une suite $r_1, r_2, \ldots$. Étant donné un élément y de l'ensemble non dense de Cantor : $y = (0, y_1, y_2, \ldots)$ où $y_m = 0$ ou 2; désignons par M_y l'ensemble des nombres r_m tels que $y_m = 2$ et par $\bar{y}$ le type d'ordre de M_y.

Étant donné, dans l'espace des nombres réels, deux ensembles dénombrables T et M de type d'ordre τ et μ respectivement, convenons d'écrire $\tau \prec \mu$ lorsque T est semblable à un sous-ensemble de M, c'est-à-dire lorsqu'il existe deux suites de nombres réels (points de l'espace de Fréchet) $u = u^1, u^2, \ldots$ et $v = v^1, v^2, \ldots$, telles que l'inégalité $u^i < u^j$ entraîne $v^i < v^j$ et que l'ensemble T soit contenu dans la suite u et que la suite v soit contenue dans M.

En symboles logiques $\left(\sum_x\right.$ désignant « il existe un x tel que... » et $\prod_x$ désignant « quel que soit x on a... »$\left.\right)$, il vient (2) :

$$[\tau(x) \prec \bar{y}] \equiv \sum_{uv} \Big\{ \prod_{ij} [(u^i < u^j) \rightarrow (v_i < v^j)] \times \prod_r \Big[(x \varepsilon W_r) \rightarrow \sum_m (r = u^m) \Big] \times \prod_k \sum_m (r_m = v^k)(y_m = 2) \Big\}.$$

Les fonctions u^i et y_i étant continues (pour i fixe) et l'ensemble W_r étant par hypothèse de classe C_n, on en conclut [en vertu des théorèmes géné raux sur l'évaluation des classes projectives (3)] que l'ensemble des points $xyuv$ (à 4 coordonnées) qui satisfont à la condition entre crochets $\{\ \}$ est de classe P_n. A la même classe appartient par conséquent

(1) Théorème sur *le crible de M. Lusin* (*op. cit.*, p. 256).

(2) Cf. *op. cit.*, p. 258 (lemme de M. Lusin).

(3) *Op. cit.*, p. 243. Cf. les notes de M. Tarski et moi dans *Fund. Math.*, 17, 1931, p. 241 et suiv.

l'ensemble des points xy tels que $\tau(x) \prec \bar{y}$, puisque l'opérateur logique Σ correspond à une projection.

3. Pour en déduire notre théorème, remarquons que la condition $\tau(x) < \Omega$ équivaut évidemment à l'existence d'un type d'ordre μ tel que $\tau(x) \prec \mu$ et $\mu < \Omega$. Or, la fonction $\bar{y}$ admettant comme valeurs tous les types d'ordre dénombrable, cela revient à l'existence d'un y tel quel que $\tau(x) \prec \bar{y} < \Omega$. En symboles :

$$[\tau(x) < \Omega] \equiv \sum_{y} \{ [\tau(x) \prec \bar{y}](\bar{y} < \Omega) \}.$$

L'ensemble des y tels que $\bar{y} < \Omega$ étant de classe C_1 (1), donc de classe P_n, et l'ensemble des xy tels que $\tau(x) \prec \bar{y}$ étant, comme nous venons de démontrer, également de classe P_n, il en est encore de même de l'ensemble des xy qui satisfont à la condition entre crochets $\{ \}$. Comme projection de ce dernier, l'ensemble des x tels que $\tau(x) < \Omega$ est donc aussi de classe P_n.

Le théorème se trouve ainsi démontré.

Il en résulte en particulier que les deux opérations : l'opération (A) et la soustraction effectuées sur des ensembles qui sont simultanément de classe P_2 et C_2 ne conduisent pas en dehors de cette famille. Elle contient par conséquent tous les ensembles (nommés par M. Lusin, ensembles C) qui s'obtiennent à partir des intervalles en effectuant ces deux opérations un nombre arbitraire de fois (2).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le mode de convergence pour l'interpolation de Lagrange.* Note (3) de MM. **P. Erdös** et **Erwin Feldheim**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Les recherches qui vont suivre se rattachent à des questions sur l'interpolation de Lagrange. Toutes les notations que nous employons sont expliquées dans une Note précédente (4).

(1) *Op. cit.*, p. 257.

(2) Cette dernière conclusion a été signalée par MM. Kantorovitch et Livensohn dans les *Comptes rendus*, **190**, 1930, p. 1115 et dans *Fund. Math.*, **18**, 1932, p. 217 (sans démonstration). Cf. aussi quelques indications sur des travaux de M. Novikoff sur ce sujet, contenues dans un compte rendu sur la théorie descriptive des fonctions présenté à l'Académie des Sciences d'U. S. S. R. (édité par l'Académie en russe, 1935, p. 61) par M. Lusin.

(3) Séance du 5 octobre 1936.

(4) *Comptes rendus*, **203**, 1936, p. 650.

Nous allons démontrer dans la suite que, pour les abscisses de Tchebychef, on a

$$(1)\qquad \lim_{n\to\infty}\int_{-1}^{+1}[\mathrm{L}_n(f)-f(x)]^{2r}\frac{dx}{\sqrt{1-x^2}}=0,$$

$\mathrm{L}_n(f)$ désignant le $n^{\text{ième}}$ polynome d'interpolation de la fonction $f(x)$, et $2r$ un nombre pair quelconque.

Pour $r=1$, on a, d'après un résultat connu (¹),

$$\int_0^{\pi}[\mathrm{L}_n(f)-f(\cos\theta)]^2\,d\theta\to 0$$

et

$$(2)\qquad \int_0^{\pi}|\mathrm{L}_n(f)-f(\cos\theta)|\,d\theta\to 0,$$

qui nous servira dans la démonstration.

Il est immédiat qu'il suffit de prouver que

$$\mathrm{I}_n=\int_0^{\pi}[\mathrm{L}_n(f)]^{2r}\,d\theta$$

reste borné lorsque $n\to\infty$. Or, $\mathrm{L}_n(f)=\sum_{i=1}^{n}y_i\,l_i(x)$, donc

$$(3)\qquad \mathrm{I}_n=\sum_{\alpha_1+\alpha_2+\ldots+\alpha_s=2r}\frac{2r!}{\alpha_1!\,\alpha_2!\ldots\alpha_s!}\,y_{i_1}^{\alpha_1}y_{i_2}^{\alpha_2}\ldots y_{i_s}^{\alpha_s}\int_0^{\pi}l_{i_1}^{\alpha_1}l_{i_2}^{\alpha_2}\ldots l_{i_s}^{\alpha_s}\,d\theta,$$

où Σ désigne une somme multiple : le nombre des sommations est indiqué par le nombre des indices i_k.

Nous procéderons par une induction double. On sait que le théorème est vrai si $r=1$. Supposons qu'il en est ainsi pour toute valeur $\leqq 2r-2$, et démontrons-le pour $2r$. Il résulte de l'hypothèse

$$\int_0^{\pi}[\mathrm{L}_n(f)]^{2r-2}\,d\theta<\mathrm{C}$$

(C, constante indépendante de n) et de (2), que l'intégrale

$$(4)\qquad \int_0^{\pi}|\mathrm{L}_n(f)|^k\,d\theta$$

(¹) P. Erdös et P. Turán, *Quadrature and Mean-Convergence of the Lagrange-Interpolation*, *Annals of Mathematics*, sous-presse.

est bornée pour toute valeur de k plus grande que 1, mais au plus égale à $2r-2$. Il faut démontrer que tous les termes de la somme (3) sont bornés. Nous le ferons par induction relativement au nombre s des exposants α_k. Si $s=1$, on a

$$\sum_{k=1}^{n} y_k^{2r} \int_0^\pi l_k^{2r}(\cos\theta)\,d\theta.$$

Étant donné que, d'après Fejér, $\sum_{k=1}^{n} l_k^2 < 2$, et tous les y_k sont uniformément bornés, cette somme le sera également.

Supposons maintenant que tous les termes qui correspondent à des valeurs au plus égales à $s-1$ sont bornés, et passons à la valeur suivante s. Considérons l'expression

$$(5)\quad \int_0^\pi (\Sigma y_k^{i_1} l_k^{i_1})(\Sigma y_k^{i_2} l_k^{i_2})\ldots(\Sigma y_k^{i_s} l_k^{i_s})\,d\theta = \int_0^\pi [\mathrm{L}_n(f)]^{\beta_1}(\Sigma y_k^2 l_k^2)^{\beta_2}\ldots(\Sigma y_k^{2r} l_k^{2r})^{\beta_{2r}}\,d\theta,$$

où β_1 est le nombre des α_k qui sont égaux à 1, β_2 le nombre de ceux qui sont égaux à 2, et ainsi de suite. Cette expression est bornée pour $n\to\infty$, parce que, d'après (4), $\int_0^\pi |\mathrm{L}_n(f)|^{\beta_1}\,d\theta$ est borné, et il en est de même pour toutes les sommes qui figurent au second membre de (5) [1]. En développant le premier membre, on trouve le terme général de I_n et des termes dans lesquels l'indice s est diminué. Ces derniers, en vertu de l'induction, sont bornés, d'où la même conclusion pour le terme général de I_n. Le dernier terme, en effet, du développement de (5) correspond au cas où tous les α_k sont égaux à 1, et contient le facteur $\int_0^\pi l_{i_1} l_{i_2}\ldots l_{i_{2r}}\,d\theta$ qui est nul par suite de l'orthogonalité (démontrée dans la Note citée).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Les théorèmes d'addition des fonctions de Legendre.* Note de M. **René Lagrange**, présentée par M. Émile Borel.

Les théorèmes d'addition des fonctions de Legendre, dans les énoncés ultimes qu'en a donnés Hobson [2], malgré la précision supplémentaire

---

(1) $\Sigma l_k^2 < 2$, $|\Sigma l_k^3| < 2\sqrt{2}$, ..., $|\Sigma l_k^m| < \mathrm{C}$ (C, constante indépendante de n).

(2) Cf. *The theory of spherical and ellipsoidal harmonics*, p. 360-384 (*Cambridge University Press*, 1931).

apportée aux énoncés successifs de Legendre, Heine, K. Neumann, Whittaker et Watson, n'ont pas toute la portée dont ils sont susceptibles, puisqu'ils expriment le développement de $P_n(z)$ et $Q_n(z)$, où

$$z = bb' + \sqrt{b^2 - 1}\sqrt{b'^2 - 1}\cos\omega,$$

en fonction des P_n^m et Q_n^m d'argument b et b', et du paramètre essentiellement réel ω. En outre l'extension apportée par Hobson à ses prédécesseurs fut obtenue grâce à une discussion approfondie relativement compliquée. Voici un procédé de démonstration qui joint, à l'avantage de la simplicité, celui de supprimer, en ce qui concerne ω, une restriction *a priori* arficielle. J'ai montré [1] que, si $P(t) \equiv at^2 + 2bt + c$, $Q(t) \equiv a't^2 + 2b't + c'$, avec $b^2 - ac = b'^2 - a'c' = 1$, $\tau_1 = -b + 1/a$, $\tau_2 = -b - 1/a$, $\sigma_1 = -b' + 1/a'$, $\sigma_2 = -b' - 1/a'$, $ac' + ca' - 2bb' = -2z$, les expressions

$$(1)\quad J_n^m(z) = \frac{\Gamma(-m-n)}{\Gamma(-n)}\left(\frac{z+1}{z-1}\right)^{\frac{m}{2}} P_n^m(z) = \frac{1}{2\pi i}\int_\Gamma \left[\frac{Q(t)}{P(t)}\right]^n \frac{dR(t, \sigma_2, \tau_1, \tau_2)}{R(t, \sigma_2, \tau_1, \tau_2)^{m+1}},$$

où Γ est un contour simple décrit par t dans un sens qui soit direct pour τ_1, σ_1 et inverse pour τ_2, σ_2, sont les coefficients du développement de Laurent

$$(2)\quad \left[\frac{Q(t)}{P(t)}\right]^n = \sum_{m=-\infty}^{\infty} J_n^m(z) R(t, \sigma_2, \tau_1, \tau_2)^m;$$

celui-ci est valable dans la couronne limitée par les deux cercles passant par σ_1 ou σ_2 et conjugués par rapport à τ_1 et τ_2, et le fait que Γ doit pouvoir être choisi dans cette couronne exige en outre $\mathcal{R}(z) > 0$. Ces égalités supposent un choix convenable de l'argument de $Q(t)/P(t)$.

Ceci rappelé, posons $a = \sqrt{b^2 - 1}\, e^{-v}$, $c = \sqrt{b^2 - 1}\, e^{v}$, $a' = -\sqrt{b'^2 - 1}\, e^{-v'}$, $c' = -\sqrt{b'^2 - 1}\, e^{-v'}$, de sorte que $z = bb' + \sqrt{b^2 - 1}\sqrt{b'^2 - 1}\,\mathrm{ch}(v' - v)$ et

$$\tau_1 = -\sqrt{\frac{b-1}{b+1}}\, e^{v}, \qquad \tau_2 = -\sqrt{\frac{b+1}{b-1}}\, e^{v}, \qquad \sigma_1 = \sqrt{\frac{b'-1}{b'+1}}\, e^{v'}, \qquad \sigma_2 = \sqrt{\frac{b'+1}{b'+1}}\, e^{v'};$$

b et b' sont eux-mêmes les valeurs de z correspondant aux couples de polynomes $P(t)$, $2t$ et $Q(t)$, $2t$, les zéros de $2t$ étant 0 et ∞. On a alors

$$(4)\quad P_n(z) = \frac{1}{\pi i}\int_\Gamma \frac{Q(t)^n\, dt}{P(t)^{n+1}} = \frac{1}{\pi i}\int_\Gamma \frac{Q(t)^n}{(2t)^{n+1}}\left[\frac{P(t)}{2t}\right]^{-n-1} dt$$

---

[1] Cf. RENÉ LAGRANGE, *Journ. de Math.*, 6, 1927, p. 165.

avec

(5) $$\left[\frac{P(t)}{2t}\right]^{-n-1} = \sum_{m=-\infty}^{\infty} J_{-n-1}^{m}(b)\,R(t, \tau_2, 0, \infty)^m = \sum_{m=-\infty}^{\infty} J_{-n-1}^{m}(b)\,\tau_2^{-m} t^m \qquad [\mathcal{R}(b) > 0];$$

donc

(6) $$P_n(z) = \sum_{m=-\infty}^{\infty} J_{-n-1}^{m}(b)\,\tau_2^{-m}\sigma_2^{m}\,\frac{1}{2\pi i}\int_\Gamma \left[\frac{Q(t)}{2t}\right]^n \frac{d\,R(t, \sigma_2, 0, \infty)}{R(t, \sigma_2, 0, \infty)^{-m+1}}$$
$$= \sum_{m=-\infty}^{\infty} (-1)^m J_{-n-1}^{m}(b)\,J_n^{-m}(b')\left(\frac{b+1}{b-1}\right)^{\frac{m}{2}}\left(\frac{b'+1}{b'-1}\right)^{\frac{m}{2}} e^{m(\rho'-\rho)}$$
$$= \sum_{m=-\infty}^{\infty} P_n^m(b)\,P_n^{-m}(b')\,e^{m(\rho'-\rho)}.$$

On a tenu compte de $P_n^m \equiv P_{-n-1}^m$, et l'on suppose $|\arg b| < \pi/2$, $|\arg b'| < \pi/2$, dans le plan coupé par $(-\infty, 1)$; il faut, pour la validité de ces calculs, qu'il existe un même contour Γ convenant aux intégrales représentatives de $P_n(z)$ et $J_n^{-m}(b')$, et situé dans la couronne $|\tau_1| < |t| < |\tau_2|$. On voit tout de suite qu'il faut et il suffit que $|\sigma_1| < |\tau_2|$ et $|\tau_1| < |\sigma_2|$, c'est-à-dire

$$|\mathcal{R}(\rho' - \rho)| < \frac{1}{2}\log\left|\frac{b+1}{b-1}\,\frac{b'+1}{b'-1}\right|.$$

Enfin le facteur $e^{2kn\pi i}$ (k entier), sous-entendu dans (6), égale 1, comme on voit en faisant tendre b vers 1. En permutant les rôles de b et b', on a donc démontré :

Théorème. — *Sous la condition*

$$\left|\frac{b+1}{b-1}\,\frac{b'+1}{b'-1}\right| > 1,$$

on a

(7) $$P_n\left(bb' + \sqrt{b^2-1}\,\sqrt{b'^2-1}\,\mathrm{ch}\,\zeta\right) = \sum_{m=-\infty}^{\infty} P_n^m(b)\,P_n^{-m}(b')\,e^{m\zeta},$$

pourvu que

(8) $$|\mathcal{R}(\zeta)| < \frac{1}{2}\log\left|\frac{b+1}{b-1}\,\frac{b'+1}{b'-1}\right|.$$

Le développement converge uniformément par rapport à ζ dans tout domaine fermé vérifiant cette inégalité.

Cette dernière propriété provient de ce qu'on a intégré terme à terme un développement de Laurent d'une expression bornée. L'inégalité (8) est

la meilleure possible; en effet, si $\zeta = \xi + i\omega$, z décrit une ellipse $E(\xi)$ quand ω varie seul; ces ellipses forment un faisceau homofocal de centre $z_0 = bb'$ et de foyers $z_1 = bb' + \sqrt{b^2-1}\sqrt{b'^2-1}$, $z_{-1} = bb' - \sqrt{b^2-1}\sqrt{b'^2-1}$; $E(0)$ est le segment focal et $E(\xi)$, qui s'amplifie avec $|\xi|$, passe respectivement par 1 et -1 pour

$$\xi_1 = \frac{1}{2}\log\left|\frac{b+1}{b-1} : \frac{b'+1}{b'-1}\right|, \qquad \xi_{-1} = \frac{1}{2}\log\left|\frac{b+1}{b-1}\,\frac{b'+1}{b'-1}\right|.$$

Il résulte du théorème que, si b et b' satisfont aux conditions de l'énoncé, $E(\xi)$ ne traverse pas la coupure $(-\infty, -1)$ de $P_n(z)$, tant que $|\xi| < |\xi_{-1}|$; elle traverse donc nécessairement cette coupure pour $|\xi| > |\xi_{-1}|$, ce qui rend impossible l'égalité (7) dans ces conditions. En particulier, les hypothèses $\mathcal{R}(b) > 0$, $\mathcal{R}(b') > 0$, $\xi = 0$ satisfont aux conditions de l'énoncé et fournissent le théorème démontré par Hobson.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la superposition de deux sinusoïdes.* Note de M. **Bohuslav Hostinský**, présentée par M. Émile Borel.

Supposons qu'un observateur placé en un lieu déterminé observe une quantité variable x fonction du temps t donnée par la formule

$$(1) \qquad x = A\sin(at+\alpha) + B\sin(bt+\beta), \quad A > 0, \quad B > 0.$$

Nous admettrons de plus que la sensibilité de son appareil d'observation soit limitée, de sorte qu'il n'enregistre que les valeurs de x supérieures à une constante m, et que m diffère peu de la valeur maximum que peut atteindre x; cette valeur maximum est au plus égale à $A+B$.

Si x était rigoureusement égal à $A+B$ pour une certaine valeur de t, nous aurions

$$(2) \qquad \begin{cases} at+\alpha = (4k+1)\dfrac{\pi}{2}, \\ bt+\beta = (4l+1)\dfrac{\pi}{2}, \end{cases}$$

k et l étant deux entiers. Éliminons t de ces deux formules; il vient

$$(3) \qquad \frac{4k+1}{4l+1} = \frac{a}{b} + \frac{2}{\pi(4l+1)}\left(\alpha - \frac{\beta a}{b}\right).$$

Or, si le rapport a/b est irrationnel (ce que nous supposerons dans la suite), il est impossible que les deux formules (2) soient exactes en même

temps; la formule (3) n'est pas exacte dans ce cas. Mais les formules (2) et (3) peuvent être satisfaites approximativement de sorte que x, sans être rigoureusement égal à $A+B$, en diffère peu pour certaines valeurs de t. Nous nous posons la question suivante : quelle est la distribution sur l'axe Ot des valeurs t telles que l'on ait $x > m$?

Sans donner une réponse complète à cette question faisons les deux remarques suivantes :

1° Si t donne à x une valeur très voisine de $A+B$, les équations (2) et (3) sont satisfaites à peu près. Si de plus le développement du nombre irrationnel a/b en fraction continue admet une valeur réduite de la forme $(4k+1)/(4l+1)$ (avec k et l entiers), et, si l est assez grand, on pourra prendre

$$t = \frac{1}{a}\left[(4k+1)\frac{\pi}{2} - \alpha\right],$$

ce qui donne une solution du problème par approximation. S'il y a une infinité de réduites de cette forme, on aura une infinité de valeurs de t dont chacune donne une solution approchée.

2° x est une fonction continue de t; par conséquent si une valeur t_0 de t satisfait à la condition de donner à x une valeur plus grande que m, t_0 sera compris dans un intervalle dont tous les points satisfont à la même condition; si la différence $(A+B-m)$ tend vers zéro, la longueur de cet intervalle tend elle-même vers zéro. La distribution de ces intervalles sur l'axe Ot dépend du rapport a/h et du nombre m.

Dans le cas particulier où $A = B$ la formule (1) donne

$$x = 2A\cos\left(\frac{a-b}{2}t + \frac{\alpha-\beta}{2}\right)\sin\left(\frac{a+b}{2}t + \frac{\alpha+\beta}{2}\right);$$

si de plus la différence $a-b$ est très petite, le premier facteur est à peu près constant. Les conclusions générales énoncées plus haut s'appliquent même dans ces cas particuliers. Si le rapport a/b est irrationnel et si l'égalité $x = 2A$ est satisfaite pour une certaine valeur de t, elle ne l'est pas en général pour aucune autre valeur de t.

En résumé, sous la condition que l'observateur n'enregistre que les valeurs de x supérieures à m, la somme (1) de deux sinusoïdes avec a/b irrationnel ne sera enregistrée qu'aux instants qui forment un ensemble d'intervalles; ces intervalles seront distribués irrégulièrement sur l'axe Ot.

ASTROPHYSIQUE. — *L'émission d'électrons par le Soleil et sa relation avec les phénomènes magnétiques terrestres.* Note [1] de M. **Daniel Barbier**, présentée par M. Ernest Esclangon.

1. On sait, par les expériences de Birkeland, la théorie de Störmer, les observations de Störmer et Vegard, que les aurores polaires sont produites par des corpuscules électrisés provenant du Soleil. On est à peu près certain que ces corpuscules sont des électrons et il est très probable que leur vitesse, lorsqu'ils atteignent l'atmosphère terrestre, est au minimum de 60000 km/sec. On ne peut même entrevoir de mécanisme permettant d'expliquer l'émission de tels électrons par le Soleil. En outre, l'intervalle de temps s'écoulant entre le passage au méridien central solaire d'une zone active et la perturbation magnétique terrestre consécutive est de l'ordre de 60 heures [2] en moyenne, ce qui pour des électrons se propageant en ligne droite correspondrait à une vitesse moyenne voisine de 1000 km/sec. Dans l'hypothèse d'électrons plus rapides il faudrait, pour expliquer ce retard, admettre un champ magnétique solaire qui aurait un sens opposé à celui qui est connu. Le but de la présente Note est de proposer une explication de ces faits.

2. Sur la surface solaire, le nombre relatif d'électrons de vitesse comprise entre v et $v + dv$ est

$$\frac{dn}{n} = 4\sqrt{\frac{h^3 m^3}{\pi}}\, e^{-hmv^2} v^2\, dv,$$

m est la masse de l'électron, h une constante.

Soient T la température, V la vitesse quadratique moyenne, on a

$$V^2 = 36,4 \cdot 10^{-17} \frac{T}{m},$$

$$hm = \frac{3}{2} \frac{1}{V^2}.$$

Pour $T = 6000K$ on obtient $V = 5 \cdot 10^7$ cm/sec et pratiquement toutes les vitesses d'électrons sont inférieures à $30 \cdot 10^7$ cm/sec. Comme, d'autre

---

[1] Séance du 3 novembre 1936.

[2] Ch. Maurain, *Annales de l'Institut de Physique du Globe de Paris*, 5, 1927, p. 86 et 12, 1934, p. 63. De nombreux autres mémoires, dus en particulier à Abetti, Stagg, Greaves, Newton, Hale, conduisent à un résultat analogue.

part, la vitesse parabolique à la surface solaire est de $6,18.10^7$ cm/sec, on voit que, en l'absence de charge électrique positive du soleil, les électrons se dissiperaient avec une très grande rapidité qui ferait naître une telle charge. Celle-ci, supposée à symétrie sphérique, devrait avoir une valeur de $1,25.10^9$ u. e. s. pour arrêter tous les électrons de vitesse inférieure à 30.10^7 cm/sec. Cette charge est faible; si elle était répartie uniformément à l'intérieur du Soleil, sa valeur signifierait qu'il manque un électron par 5.10^{14} cm³. D'autre part, ce champ est trop faible pour permettre l'expulsion d'atomes ionisés; pour des ions d'hydrogène, la vitesse limite serait en effet 6.10^7 cm/sec et, pratiquement, tous les ions auraient des vitesses inférieures à $0,7.10^7$ cm/sec.

Le mécanisme antagoniste qui permet au Soleil de conserver sa charge est l'émission par la pression de radiation d'atomes de CaII [théorie de Milne (¹)].

3. Le champ électrique solaire, dont nous venons d'établir l'existence, a donc pour effet, dans les régions normales du Soleil, de bloquer complètement l'émission des électrons ou tout au moins, de n'en laisser filtrer qu'un très petit nombre, de vitesses anormalement grandes. Au voisinage d'une zone active, les vitesses d'électrons seront plus grandes par suite du caractère éruptif que présentent ces régions; en outre des perturbations du champ électrique pourront faciliter le départ des électrons. Un certain nombre d'électrons échapperait ainsi à l'attraction solaire, mais leurs vitesses ne serait que d'un ordre de grandeur de 1000 km/sec. Pour rendre compte des phénomènes auroraux, il convient que ces électrons subissent une accélération et, comme le retard des perturbations magnétiques est expliqué par une vitesse de 1000 km/sec, il faut que cette accélération se produise au voisinage de la Terre, laquelle par suite, tout comme le Soleil, doit porter une charge positive, dont la valeur serait $2,17 10^{10}$ u. e. s. A la surface du sol, le potentiel est négatif; il s'annule vers 10^{km} d'altitude puis devient positif.

Pour rendre compte de la charge ci-dessus, il faut qu'au-dessus de 10^{km} un atome seulement sur 4×10^{24} ait perdu un électron et que cet électron ait abandonné la Terre.

4. En résumé notre théorie rend compte des phénomènes magnétiques observés sur la Terre et en particulier de leur retard sans hypothèses arbi-

(¹) *Monthly Notices*, **86**, 1926, p. 459. Milne attribue les aurores à ces ions CaII, mais ceci présente certaines difficultés.

traires. Étant donné la très rapide décroissance avec l'altitude du champ magnétique solaire et, comme conséquence, la faible vitesse des électrons qui en résulte, elle peut rendre compte des formes coronales. Le seul point qui puisse paraître obscur est celui de la conservation de la charge positive de la Terre; nous pensons que cette conservation provient de la capture d'atomes de Ca II émis par le Soleil.

HYDRAULIQUE. — *Erreurs produites par l'inclinaison des trajectoires dans les jaugeages effectués au moyen de moulinets hydrométriques.* Note [1] de MM. **Léopold Escande** et **Georges Sabathe**, transmise par M. Charles Camichel.

La détermination du débit d'un courant liquide au moyen de moulinets hydrométriques s'effectue, comme l'on sait, en explorant une section déterminée du courant au moyen de ces appareils et en effectuant une intégration graphique à partir des vitesses ainsi obtenues. Dans la plupart des cas, la section étudiée est plane et les axes des moulinets sont normaux à son plan, dans les diverses positions occupées par ces appareils, au cours du jaugeage. Cette disposition et le principe même de la méthode utilisée reviennent à admettre implicitement, dans le cas où les trajectoires sont obliques par rapport à l'axe du moulinet, que celui-ci enregistre la composante de la vitesse normale au plan de la section étudiée.

Dans cette Note, nous allons montrer que cette hypothèse est inexacte et correspond à une erreur qui croît avec l'inclinaison des filets pour devenir rapidement très importante.

Nous avons effectué dans ce but, en collaboration avec M. Crausse, une série d'expériences, dans notre station de tarage du laboratoire de Banlève, où un chariot peut entraîner à vitesse constante, entre 0 et 6 m/sec, les instruments à étalonner, dans un canal de 120^{m} de longueur avec une section mouillée de $4^{m} \times 4^{m}$.

Nous avons utilisé pour ces recherches un moulinet Ott, type Arkansas, n° 5225 :

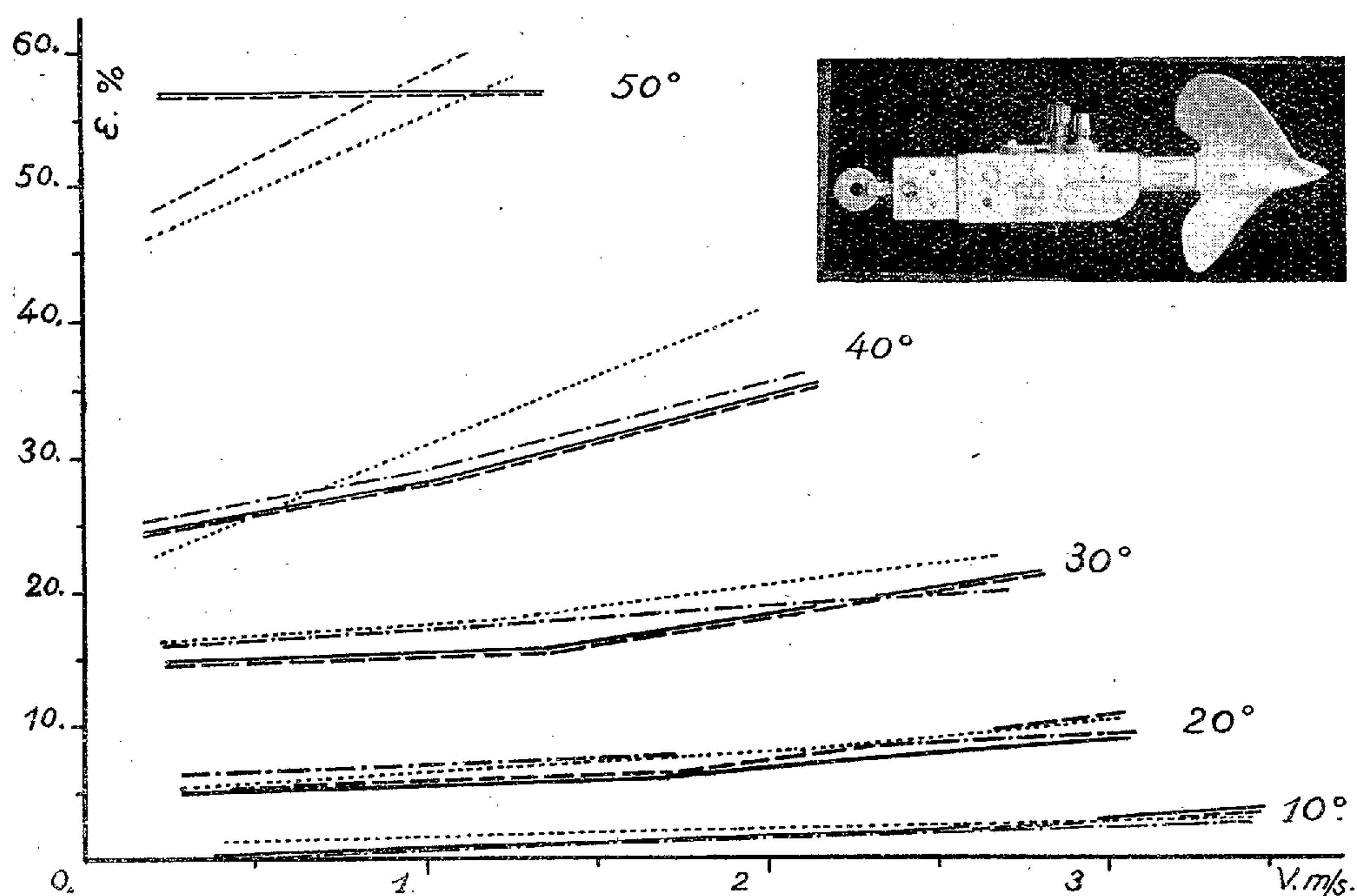
1° Nous avons d'abord déterminé la courbe de tarage dans les conditions normales, l'axe du moulinet étant dirigé suivant la translation. Nous avons

---

[1] Séance du 3 novembre 1936.

ainsi obtenu la droite caractéristique donnant, en fonction de la vitesse de translation V, la vitesse de rotation du moulinet n, en tours/seconde.

2° Nous avons ensuite déterminé, dans une nouvelle série d'expériences, le nombre de tours/seconde n du moulinet, en fonction de la vitesse de translation V_1, dans le cas où l'axe du moulinet, demeurant toujours horizontal, fait avec la direction de translation un angle déterminé λ. Soit $V_1 \cos\lambda$ la composante suivant l'axe du moulinet de la vitesse de translation et V la



vitesse que la courbe de tarage du premier paragraphe fait correspondre à n.

Si l'hypothèse implicitement faite dans les jaugeages était exacte, on devrait avoir

$$V = V_1 \cos\lambda.$$

En fait, il n'en est rien, et si l'on pose

$$\varepsilon = \frac{V_1 \cos\lambda - V}{V},$$

on obtient, pour l'erreur relative ε ainsi déterminée, les valeurs représentées sur la figure par les courbes en pointillés ou en traits mixtes; les pointillés correspondent à des déviations de l'axe vers la droite, et les traits mixtes

à des déviations vers la gauche, dans le sens de translation. Les chiffres indiqués sur la figure en face des divers groupes de courbes caractérisent les valeurs correspondantes de l'angle λ.

3° Nous avons fait une expérience analogue a celle que nous venons de relater, l'axe du moulinet demeurant maintenant dans un plan vertical et l'angle φ caractérisant son inclinaison vis-à-vis de l'horizontale. Les valeurs correspondantes de l'erreur relative ε sont représentées sur la figure par les courbes en traits pleins (axe incliné vers le haut), et par les courbes en traits discontinus (axe incliné vers le bas).

Les erreurs relatives, comme on le voit, atteignent déjà 10 pour 100 pour une inclinaison de 20° et augmentent rapidement ensuite; au delà de 55°, le moulinet ne tourne plus.

Une série d'expériences identiques aux précédentes a été effectuée avec un moulinet Richard GM n° 69 et a donné des résultats analogues.

Ces résultats montrent les erreurs très importantes que peut introduire l'obliquité des trajectoires dans la détermination du débit au moyen de moulinets, avec la méthode de jaugeage habituellement utilisée.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Généralisation de la transformation de Lorentz pour un système de corpuscules*. Note de M. **Jean-Louis Destouches**, présentée par M. Louis de Broglie.

La théorie générale de l'évolution d'un système de corpuscules [1] conduit, dans le cas de corpuscules indépendants, à une équation d'évolution de la forme

$$\mathbf{A}_0 \frac{\partial \Psi}{\partial t} = \sum_{i=1}^{n} \mathcal{H}_i^{\circ} \Psi, \tag{1}$$

les $\mathcal{H}_i^{\circ}$ étant des opérateurs déduits des hamiltoniens $\mathcal{H}_i$ de chaque corpuscule et t le temps marqué par l'horloge de l'observateur.

Le principe de relativité exprime que l'évolution d'un système apparaît le même pour tout observateur en mouvement rectiligne uniforme par rapport au repère sidéral et un second principe exprime que deux observateurs en mouvement rectiligne l'un par rapport à l'autre peuvent échanger des signaux suivant les lois de la théorie de la relativité restreinte pour se communiquer leurs résultats d'expériences.

---

[1] J.-L. Destouches, *Journ. de Phys.*, 8, 1936, p. 305, 354 et 465.

Nous voulons établir dans cette Note la compatibilité de ces postulats dans le cas d'un système de corpuscules indépendants. Nous aurons satisfait au principe de relativité s'il existe des transformations **S** et $\mathbf{S}^+$ telles que

$$\mathbf{S}^+\left(\mathcal{H}' - \mathbf{A}_0 \frac{\partial}{\partial t'}\right)\mathbf{S} = \mathcal{H} - \mathbf{A}_0 \frac{\partial}{\partial t}.$$

Ces transformations $\mathbf{S}^+$ et **S** sont corrélatives d'une transformation de Lorentz entre les deux observateurs. Nous devons lui associer une transformation entre les $3n$ coordonnées des n corpuscules du système et le temps rapportés à l'un et à l'autre observateurs. Une telle transformation se décompose en rotations d'espace auxquelles correspondent des rotations dans l'espace de configuration, et en une transformation simple de Lorentz à laquelle doit être associée une transformation nouvelle dans l'espace de configuration-temps à $3n+1$ dimensions. Des raisons d'homogénéité, de linéarité et de raccordement avec la transformation de Lorentz nous ont amené à poser comme transformation infinitésimale

$$(2) \qquad \begin{cases} x_\mu^{(i)} = x_\mu'^{(i)} + \varepsilon \mathfrak{A}^{(i)} ct, \\ ct = ct' + \varepsilon \Sigma_i \mathfrak{A}^{(i)} x_\mu'^{(i)}. \end{cases}$$

La première équation conduit à associer un temps symbolique à chaque corpuscule

$$ct_i = \mathfrak{A}^{(i)} ct$$

qui donne à la première équation la même forme que celle d'une transformation de Lorentz. On a en outre

$$(3) \qquad ct_i = ct'_i + \varepsilon \left[x_\mu'^{(i)} + \mathfrak{A}^{(i)} \sum_{j \neq i} \mathfrak{A}^{(j)} x_\mu'^{(j)} \right],$$

les $\mathfrak{A}^{(i)}$ étant des opérateurs commutant entre eux et de carré égal à 1. Les coordonnées $x_\mu^{(i)}$ ou $x_\mu'^{(j)}$ commutent toutes entre elles et sont donc bien mesurables simultanément. Les transformations définies par (2) forment un groupe. Il est facile d'établir qu'avec les postulats adoptés les $\mathfrak{A}^{(i)}$ ne peuvent se réduire à des nombres. Dans le cas de corpuscules de Dirac (où $\mathbf{A}_0 = 1$) on trouve

$$\mathfrak{A}^{(i)} = \prod_{j \neq i} \alpha_3^{(j)}.$$

On passe de l'équation du système (1) à celle d'un corpuscule, soit (i), en prenant la moyenne sur les coordonnées des autres corpuscules du système.

Si l'on prend cette moyenne dans les équations (2) et (3), t_i étant choisi comme temps numérique, on retombe bien sur les équations d'une transformation simple de Lorentz, car la valeur moyenne des $\mathfrak{A}^{(j)}$ est nulle, celle des α_5 l'étant, ce qui montre bien la cohérence de notre méthode.

Les équations (2) montrent que l'espace de configuration-temps n'est pas un espace euclidien à $(3n+1)$ dimensions, mais un espace plus général dans lequel les coordonnées d'un point ne sont pas nécessairement des nombres, mais peuvent contenir des $\mathfrak{A}^{(i)}$.

Si nous cherchons des quantités qui demeurent invariantes dans des transformations définies par les équations (2) ou des rotations d'espace, nous en trouvons de deux types : d'abord un invariant numérique :

$$s^2 = \sum_{i=1}^{n} \sum_{\mu=1}^{3} x_\mu^{(i)2} - c^2 t^2,$$

puis des invariants opératoriels, qui n'existent qu'en vertu de coordonnées non numériques dans l'espace de configuration-temps :

$$\mathbf{J}_{ij} = r_{ij}^2 (\mathfrak{A}^{(i)} + \mathfrak{A}^{(j)})$$

ou d'une façon plus générale

$$\mathbf{F}_{ij} = f(r_{ij}).(\mathfrak{A}^{(i)} + \mathfrak{A}^{(j)}).$$

Il nous semble que cette généralisation de la transformation de Lorentz pour le cas d'un système pourrait constituer un point de départ pour une tentative de construction d'une Mécanique ondulatoire relativiste des systèmes, et, par le fait de la présence des opérateurs $\mathfrak{A}^{(i)}$, serait susceptible de nous faire comprendre certaines difficultés qui ont toujours entravé la constitution d'une Mécanique relativiste des systèmes de points matériels sous la forme ancienne.

PHYSIQUE QUANTIQUE. — *Sur la diffusion de la lumière par les neutrons.* Note de M. **Jacques Solomon**, présentée par M. Paul Langevin.

Jusqu'ici la diffusion de la lumière par les neutrons était considérée comme un phénomène pratiquement inexistant par suite de l'absence de charge du neutron. Je voudrais montrer que l'application à ce problème de

la théorie des neutrinos de Fermi [1] nous place devant une situation différente.

Dans cette théorie, les particules lourdes (proton et neutron) sont considérées comme en interaction continuelle avec un champ *virtuel* d'électrons et de neutrinos, de même que dans la théorie électromagnétique habituelle, les particules chargées sont en interaction continuelle avec le champ *virtuel* des photons. D'où, comme dans cette théorie, des possibilités nouvelles de transitions.

En particulier, on peut envisager les processus suivants : 1° le neutron émet un électron et un antineutrino et se transforme ainsi en proton; 2° l'électron fait une transition sous l'influence du champ extérieur; 3° le proton absorbe l'électron et l'antineutrino. Par cet intermédiaire, il est donc possible d'introduire des échanges d'énergie entre le champ extérieur et le neutron. Lorsque le champ extérieur est un champ magnétique constant, on peut décrire cet échange d'énergie en assignant au neutron un moment magnétique déterminé. Lorsque le champ extérieur est dû à un rayonnement électromagnétique, on observe la diffusion de la lumière par le neutron.

Le calcul de l'importance de cet effet, tout comme celui du moment magnétique du neutron, se heurte à de grosses difficultés. On sait en effet que la théorie de Fermi ne permet pas encore de concilier de façon satisfaisante la longue durée des radioactivités β et l'importance des forces nucléaires entre proton et neutron; d'où une certaine indétermination dans les résultats de cette théorie.

On peut toutefois arriver à une certaine évaluation du phénomène étudié ici en procédant de la façon suivante. La section efficace cherchée s'obtient en multipliant la section efficace relative à l'effet Compton habituel par la probabilité de trouver le neutron temporairement « dissocié » à un instant donné en proton, électron et antineutrino. Cette dernière probabilité est donnée par

$$\frac{|H(E_e, E_n)|^2}{(E_e + E_n)^2}, \qquad (1)$$

où H est l'élément de matrice de l'interaction β de Fermi qui se rapporte à

(1) E. FERMI, *Z. Physik*, 88, 1934, p. 161; WICK, *Atti Acad. Lincei*, 21, 1935, p. 170; H. A. BETHE et R. F. BACHER, *Reviews of modern Physics*, 8, 1936, p. 82; D. IWANENKO et A. SOKOLOW, *Z. Physik*, 102, 1936, p. 119; C. F. v. WEIZSÄCKER, *Z. Physik*, 102, 1936, p. 572.

l'émission d'un électron et d'un antineutrino d'énergies E_e et E_n. Il est vraisemblable que la présente théorie n'est pas exacte dans le domaine des grandes énergies et qu'une théorie correcte modifiera H de manière à permettre de rendre compte de l'ordre de grandeur des forces nucléaires (sans doute en relation avec l'origine des gerbes cosmiques). Ceci permet de penser que l'expression (1) doit passer par un maximum pour des énergies E_e et E_n de l'ordre de 100 ou $200\, m_0 c^2$. Il est vraisemblable que ce maximum ne doit pas être différent de l'unité, en tout cas sans doute supérieur à 1/1000.

D'autre part, pour ces très grandes énergies électroniques, il nous faut remarquer que la contraction de Lorentz diminue de façon appréciable la section efficace relative à l'effet Compton. Dans le cas où les fréquences de la radiation incidente et de la radiation diffusée sont très élevées, un facteur $m_0 c^2/E_e$ s'introduit qui réduit encore la probabilité cherchée ([1]).

Ainsi, sans qu'il soit possible encore d'en chiffrer l'importance, la théorie de Fermi nous permet d'affirmer que la diffusion de la lumière par les neutrons existe. Elle est sans doute, comme le montrent les considérations précédentes, sensiblement supérieure (sinon du même ordre de grandeur) à la diffusion de la lumière par un proton d'après la théorie de Rayleigh. Il est possible qu'il soit nécessaire désormais d'en tenir compte dans l'interprétation des recherches sur la diffusion anormale des rayons γ.

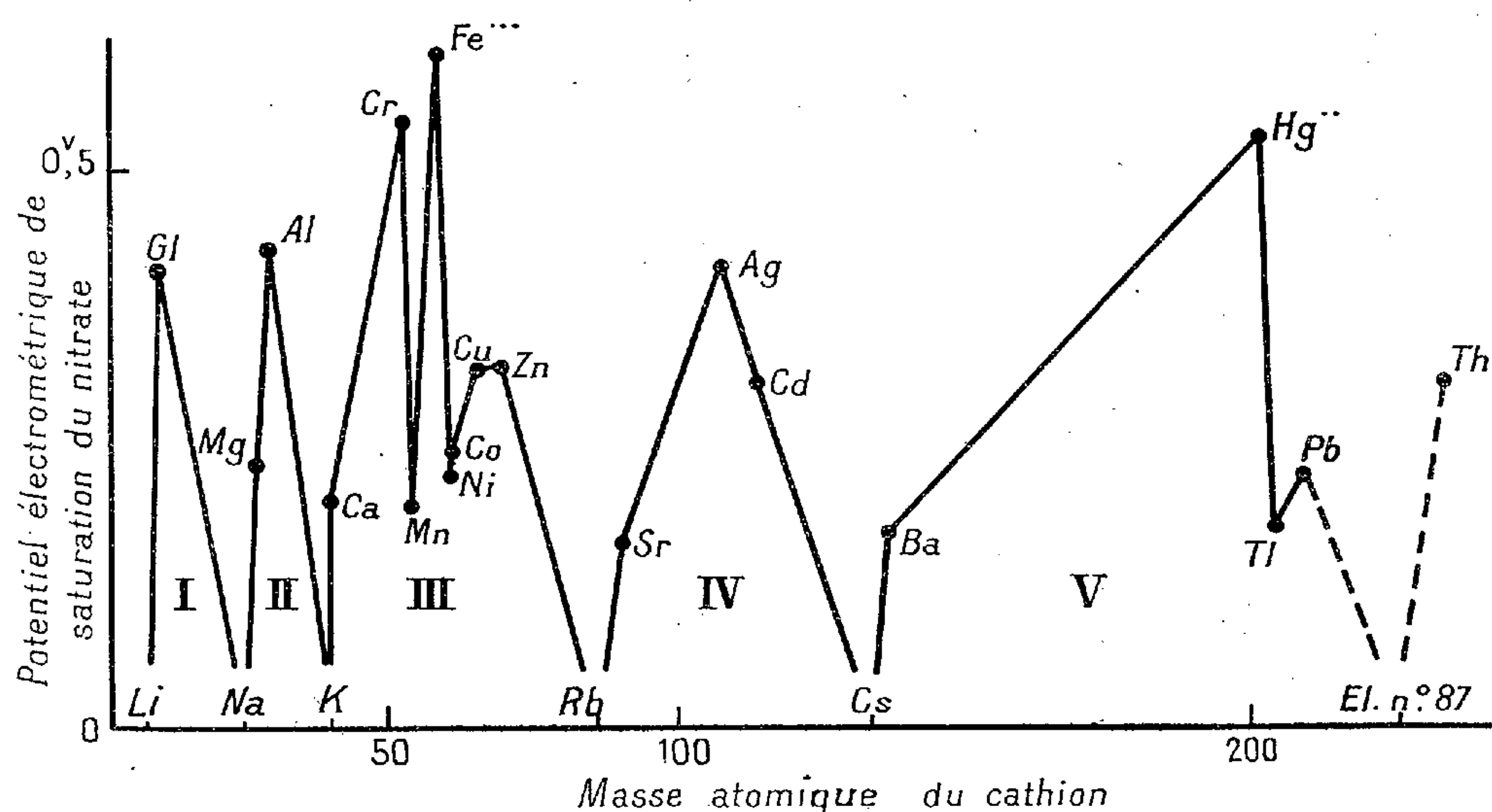
ÉLECTROCHIMIE. — *Potentiel électrométrique et constitution des électrolytes.* Note ([2]) de Mlle **Suzanne Veil**, présentée par M. Georges Urbain.

Le potentiel électrométrique des électrolytes ([3]), qui se présente comme une fonction croissante de la concentration, et dont le signe est relié au caractère acidité-basicité de la solution, dépend encore très largement de l'espèce chimique concernée, laquelle intervient à la fois par l'un et par l'autre de ses ions.

Si, dans l'ensemble du domaine chimique, une étude électrométrique générale des sels se heurte à la difficulté que les valeurs observées restent fréquemment de l'ordre même des erreurs expérimentales, cette étude offre néanmoins l'intérêt de trahir sans ambiguïté des particularités rappelant

([1]) W. Pauli, *Helv. Phys. Acta*, 6, 1933, p. 279.
([2]) Séance du 26 octobre 1936.
([3]) *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 121 et 1665.

des circonstances chimiques déjà connues. Par exemple, des cathions chimiquement assez voisins, nickel et cobalt, ou encore zinc et cadmium, se comportent constamment de manière peu différente. D'autre part, dans les halogénures alcalins, l'électromètre distingue nettement le fluor des autres halogènes, discrimination à rapprocher, par exemple, de celle qui se manifeste, du point de vue solubilité, entre le fluorure d'argent et les autres halogénures du même métal.



Périodicité d'ordre électrostatique manifestée par les nitrates métalliques.

Pour tout électrolyte, il est intéressant de considérer le potentiel électrométrique de la solution saturée, ou potentiel électrométrique de saturation. Le potentiel électrométrique de saturation prend sa place parmi les propriétés de l'espèce chimique : il représente pour elle un seuil électrostatique, à la manière dont la solubilité constitue un seuil gravimétrique.

En ce qui concerne les nitrates métalliques, les potentiels électrométriques de saturation ont été trouvés manifester une périodicité à l'égard de la masse atomique du métal intéressé.

Périodicité observée à propos des nitrates métalliques à saturation. — Au cours de l'examen à l'électromètre, qui a porté sur les nitrates métalliques les mieux définis, à saturation, les cathions ont été considérés sous leur valence usuelle, le fer étant pris comme trivalent et le mercure comme bivalent. La variation du potentiel électrométrique de saturation, suivie

en fonction de la masse atomique du cathion, a accusé des périodes qui sont sensiblement celles du tableau périodique des éléments.

Les forces électromotrices observées sont toutes positives. Les valeurs relatives aux alcalins, et qui ne dépassent guère l'ordre des erreurs expérimentales, ne sont pas expressément indiquées. Le glucinium, dont le nitrate donne lieu à une mesure particulièrement délicate, fournit une valeur notoirement supérieure à celle qui correspond aux autres alcalino-terreux. Au fer et au chrome se rapportent des potentiels électrométriques de saturation atteignant des ordres moyens supérieurs au demi-volt. Entre eux, le manganèse fournit une valeur beaucoup plus basse. L'aluminium occupe le maximum de la période précédente, tandis que l'argent et le mercure occupent les maxima respectifs des périodes suivantes.

Il convient de rapprocher ces résultats d'observations antérieures de Thomlinson [1] de Newbery [2] et de Taylor [3], concernant la périodicité des potentiels d'électrodes dans la suite naturelle des éléments. Il est intéressant qu'une périodicité du même ordre se dégage encore de la considération de potentiels électrométriques de saturation, grandeurs qui font intervenir dans une mesure plus ou moins large le facteur solubilité. Les unes et les autres recherches conduisent à relier les propriétés électrostatiques des métaux à leur constitution électronique.

SPECTROSCOPIE. — *Étude des spectres d'absorption du benzène et de ses dérivés dans le proche infrarouge* (6000-9500 Å). Note [4] de M. **Pierre Barchewitz**, présentée par M. Aimé Cotton.

La présente étude a été faite à l'aide du spectrographe enregistreur automatique précédemment décrit [5] pour le proche infrarouge (6000-9500 Å).

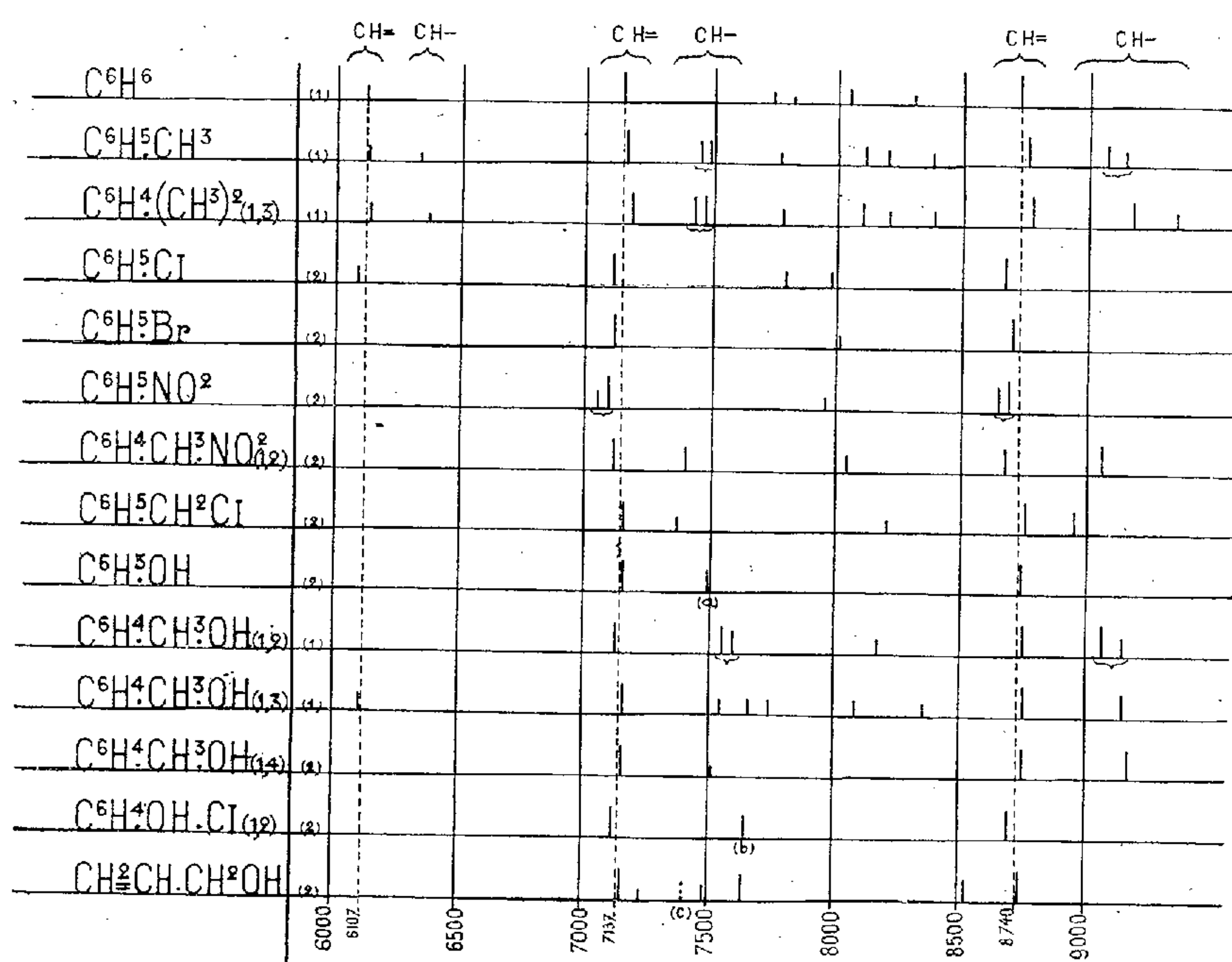
Les enregistrements sont faits sur papier photographique (24×30^{cm}). Chaque enregistrement est étalonné au moyen des raies de l'arc au mercure; la dispersion a été calculée égale à 15,67 Å au millimètre. Les fentes d'entrée et de sortie du spectrographe occupent 0,8 Å dans le spectre, cependant, à cause des erreurs possibles d'étalonnage, les positions des

(1) *Chem. News*, **117**, 1918, p. 176.
(2) *J. Chem. Soc.*, **105**, 1914, p. 2422; **109**, 1916, p. 1051; **119**, 1921, p. 477.
(3) *A Treatise of Physical Chemistry*, New York, 1931, p. 832.
(4) Séance du 3 novembre 1936.
(5) P. Barchewitz et A. Naherniac, *Comptes rendus*, **203**, 1936, p. 715.

maxima des bandes d'absorption les mieux définies ne peuvent être déterminées avec une précision supérieure à ± 3 Å.

J'ai employé pour cette étude des cuves d'absorption en verre de 30^{cm} et 100^{cm} d'épaisseur, à faces terminales soudées. La cuve de 100^{cm} est employée pour les corps non colorés ou ne présentant qu'une faible absorption générale.

TABLEAU I.



(1), corps étudiés sous une épaisseur de 100^{cm}; (2), corps étudiés sous une épaisseur de 30^{cm}; (*a*), (*b*), bandes OH du phénol et de l'orthochlorophénol (1,2); (*c*), bande OH de l'alcool allylique à la température de 213°.

Le tableau I indique pour quelques corps dérivés du benzène la position des bandes les mieux définies, ainsi que l'oscillateur susceptible de les produire; la hauteur des traits donne une idée approximative de la valeur de l'absorption.

ASPECT GÉNÉRAL DU SPECTRE D'ABSORPTION.

a. *Composés benzéniques sans oscillateur* (CH —). — Le spectre d'absorption présente :

1° Des bandes très intenses (CH =) au voisinage de $0^{\mu},87$, $0^{\mu},71$ et $0^{\mu},61$; ces bandes sont les 3e, 4e et 5e harmonique de la bande fondamen-

tale à $3^{\mu},27$ (1) (pour le benzène on trouve ces bandes à : 8740 Å, 7133 Å et 6107 Å);

2° Des bandes faibles (CH =); la bande à 8040 Å du benzène est assez intense et se retrouve dans tous les dérivés benzéniques étudiés.

Notons que les bandes du nitrobenzène à $0^{\mu},87$ et $0^{\mu},71$ sont doubles (8692-8649 Å et 7090-7043 Å); il n'a pas été possible de dédoubler les bandes correspondantes du benzène.

b. Composés benzéniques renfermant en plus l'oscillateur (CH —). — Ces composés présentent en plus des bandes précédentes, des bandes caractéristiques de l'oscillateur (CH —) vers $0^{\mu},745$ et $0^{\mu},910$.

Le toluène, le métaxylène et l'orthocrésol présentent des bandes doubles dues à l'oscillateur (CH —).

Influence de la substitution sur la position des bandes (CH =). — J'ai représenté dans le Tableau II les écarts en Å existant entre les bandes du benzène et celles des dérivés benzéniques. (Le signe + indique que la bande du dérivé considéré est déplacée vers les grandes longueurs d'onde par rapport à la bande correspondante du benzène, le signe — indique un déplacement vers les courtes longueurs d'onde.)

Tableau II.

Nom du corps.	$\Delta\lambda$(Å) bande $0^{\mu},71$.	$\Delta\lambda$(Å) bande $0^{\mu},87$.	$\Delta\lambda$(Å) (2) bande $1^{\mu},14$.
Nitrobenzène	—69	—88	—115
o-nitrotoluène	—39	—53	?
Chlorobenzène	—32	—50	—60
o-chlorophénol	—23	—36	?
Bromobenzène	—22	—28	—46
Benzène	0	0	0
Phénol	+ 1	+ 2	?
Toluène	+11	+30	+28
Métaxylène	+43	+55	+70
Chlorure de benzyle	+ 9	+14	+20

Ce tableau vient confirmer les idées de R. Freymann (3) sur l'influence de certains groupements sur la position des bandes (CH =) :

1° un *groupement électronégatif* (NO^2, Cl, Br, etc.) par rapport au noyau

(1) Barnes et Fulweiller, *J. Opt. Soc. Amer.*, 15, 1927, p. 331.

(2) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1473.

(3) *Annales de Physique*, 20, 1933, p. 297.

benzénique introduit dans la molécule de benzène, produit un déplacement des bandes vers les *courtes longueurs d'onde*, ce déplacement étant d'autant plus grand que le moment électrique du groupement est lui-même plus grand;

2° un *groupement électropositif* (CH^3, NH^2, etc.) produit un déplacement vers les *grandes longueurs d'onde*.

Pour les composés polysubstitués (renfermant à la fois des groupements électropositifs et négatifs) le déplacement suit une loi d'*additivité*.

Les bandes d'absorption dues à l'oscillateur ($C = C$) ne sont pas visibles sur les enregistrements; notons cependant leur existence dans le spectre du tétrachloréthylène.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Spectres d'absorption dans l'ultraviolet de la coproporphyrine et de quelques complexes métalliques de celle-ci.* Note [1] de M. **Mladen Paić**, présentée par M. Georges Urbain.

Ayant à identifier la porphyrine élaborée par le bacille diphtérique, j'ai été amené à étudier systématiquement, dans différents solvants, le spectre d'absorption ultraviolet de la coproporphyrine et de quelques-uns de ses complexes métalliques. M. H. Fischer a bien voulu mettre à ma disposition une solution contenant $1,21.10^{-3}$ mol-g/l de coproporphyrine I et 0,1 pour 100 de $NaHCO^3$. C'est cette solution qui a servi dans ces recherches.

La figure 1 représente les spectres d'absorption de la coproporphyrine (méthode de V. Henri, plaques Anécra antihalo Guilleminot, $p = 0,81$). Dans NaOH 0,1 N, la coproporphyrine présente une large bande, dont le maximum est à 3890 Å environ (courbe 1). Dans $NaHCO^3$ à 0,001 pour 100 (pH = 6,9) la bande est plus étroite, avec un maximum à 3935 Å (courbe 2). Dans HCl à 5 pour 100 la bande est très intense ($\log E = 5,65$) et étroite, avec un maximum à 4035 Å (courbe 3). En solution éthérée, acidifiée par CH^3COOH, le maximum se trouve à 3985 Å (courbe 4).

La figure 2 représente les spectres d'absorption de quelques complexes métalliques de la coproporphyrine. Le mélange de $0^{cm^3},1$ de solution initiale de coproporphyrine et de $0^{cm^3},1$ de ($CH^3COONa + FeCl^2$) 0,1 M est abandonné quelques minutes. Le complexe ferreux précipité est dissout

[1] Séance du 3 novembre 1936.

dans 9^{cm^3},8 de NaOH 0,1 N. Il s'oxyde à l'air très rapidement en complexe ferrique. Le tout est chauffé 3 minutes à 80° C., pour précipiter quantitativement l'hydroxyde ferrique, que l'on sépare par centrifugation. Le complexe ferrique obtenu présente une bande peu intense ($\log E = 5,0$) et large, avec un maximum à 3935 Å (courbe 1). En ajoutant à cette solu-

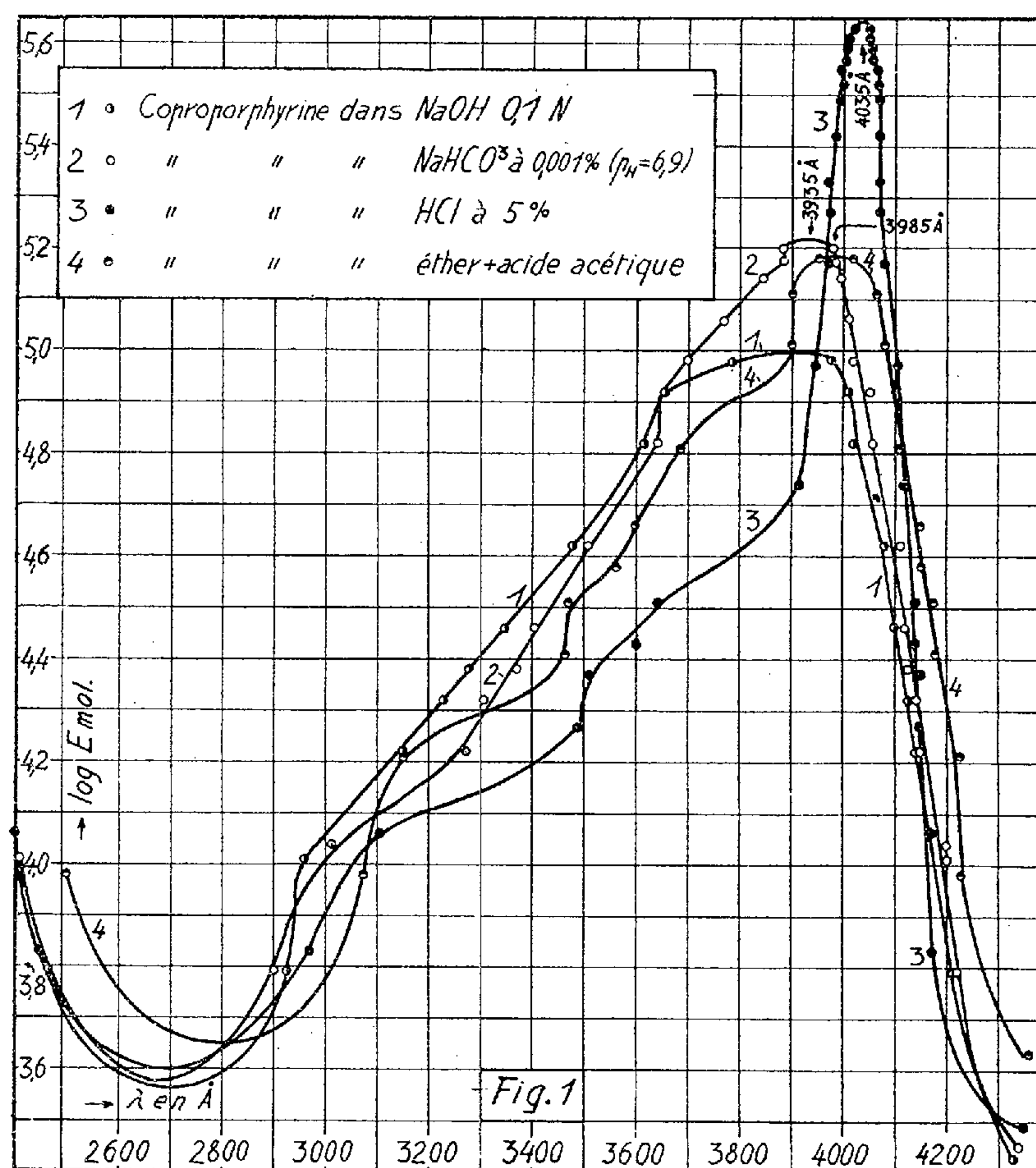
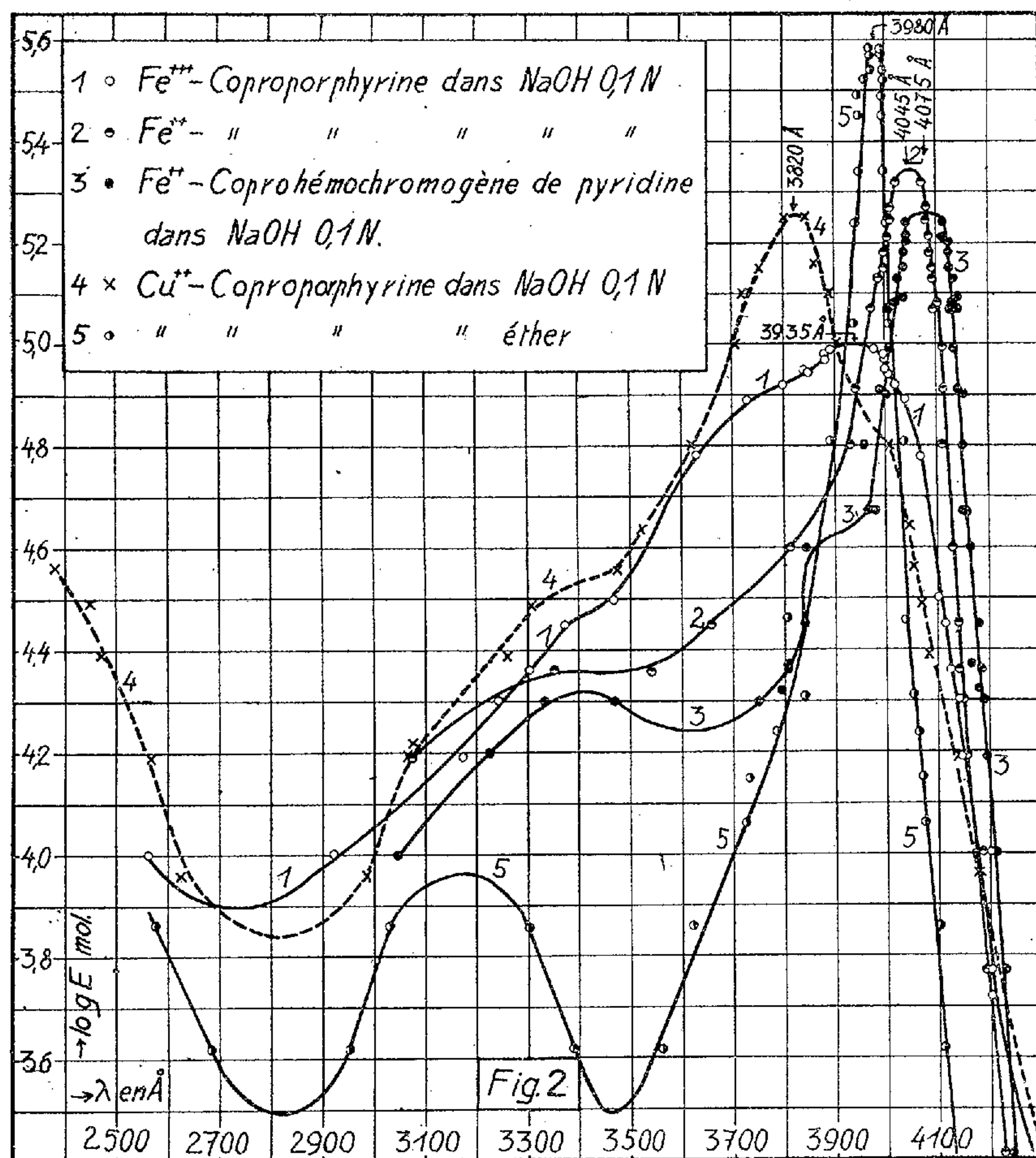


Fig. 1

tion 1^{cm^3} de $Na^2S^2O^4$ 1 M et en chauffant le tout 3 minutes à 80° C., on obtient le complexe ferreux de la coproporphyrine, qui présente un maximum d'absorption à 4045 Å (courbe 2). La solution de ce complexe additionnée de 2 gouttes de pyridine donne le coprohémocromogène, présentant une bande intense à 4075 Å, un palier entre 3840 et 3960 Å et un maximum beaucoup moins intense à 3410 Å (courbe 3).

Pour combiner quantitativement la coproporphyrine au cuivre j'ai procédé de la manière suivante : 10^{cm^3} de solution de coproporphyrine $1{,}21.10^{-5}$ M sont additionnés de $0^{cm^3},1$ d'un mélange de volumes égaux de $CuSO^4$ 1 M et de $NaHCO^3$ saturé, puis le liquide est acidifié progressivement par $1^{cm^3},5$ de CH^3COOH 0,1 N. Le complexe de cuivre en suspen-



sion peut être dissout dans NaOH [séparation de $Cu(OH)^2$ par centrifugation] ou extrait à l'éther après addition de $0^{cm^3},1$ de HCl concentré. En NaOH 0,1 N le complexe de cuivre montre un maximum à 3820 Å ; en solution éthérée il présente une bande étroite et intense ($\log E = 5{,}59$) à 3980 Å et une bande beaucoup moins forte à 3160 Å. Tous les complexes métalliques présentent dans NaOH 0,1 N un palier d'absorption vers 3400 Å.

MÉTALLURGIE. — *Propriétés mécaniques des aciers traités par l'hydrogène chaud sous pression.* Note de M. **Léon Jacqué**, présentée par M. Georges Charpy.

Dans une Note [1] relative à la décarburation des aciers par l'hydrogène, j'ai souligné que cette altération, dont la pénétration, pour une pression et une durée d'action données, s'accroît rapidement avec la température, est non seulement sous l'influence, déjà signalée, de la composition chimique, mais dépend aussi des traitements thermiques et mécaniques de l'acier; les expériences d'Inglis et d'Andrews [2] confirment ce point de vue.

Mes recherches se poursuivent par l'étude des propriétés mécaniques de divers aciers en fonction des conditions d'altération. Les essais ci-après portent sur des petites éprouvettes de traction à têtes filetées, tournées à $2^{mm} \pm 0{,}01$, dans des aciers bien définis, et soigneusement polies en vue d'éviter une amorce anormale de l'attaque. Les charges de rupture Rr d'éprouvettes témoins de 2^{mm}, éprouvées avant altération par l'hydrogène concordent avec celles des éprouvettes normales des mêmes aciers; les allongements A se correspondent aussi.

Dans les présents essais, une éprouvette nettoyée, pesée et mesurée est maintenue un temps donné dans l'hydrogène sous pression de 150 kg/cm^2, à $T = 500$ ou $550°$; un léger débit assure le renouvellement de l'atmosphère. Après ce traitement, les variations de poids et de dimensions sont notées et l'éprouvette portant deux légers repères distants de $14^{mm},47$ est soumise à l'essai de traction donnant Rr et A pour 100. Les débris de l'éprouvette servent au contrôle analytique et micrographique de l'altération. Le tableau suivant présente les principaux résultats obtenus. Les nuances I à IV sont recuites à 900°. Une trempe et un revenu ont été faits à 850 et 650° pour les nuances I^{bis}, IIbis, IVbis, V^{bis}, vers 900 et 650° pour XIbis, XIIbis, XIIIbis.

Ce tableau et mes autres observations peuvent se résumer comme suit :

a. D'une manière générale, la chute relative de la résistance mécanique croît avec la teneur en carbone de l'acier; cette chute paraît atténuée par le traitement de trempe et revenu.

---

(1) *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 878.

(2) *Journal of Iron and Steel Institute*, 128, II, 1933, p. 383.

ance.	I.	I bis.	II.	II bis.	III.	IV.	IV bis.	V bis.	XI bis.	XII bis.	XIII bis.
yse : C pour 100	0,54	0,54	0,32	0,32	0,065	0,3	0,3	0,27	0,145	0,12	0,13
Si »	0,34	0,34	0,29	0,29	0,13	0,42	0,42	0,28	0,28	0,08	0,23
Mn »	0,58	0,58	0,56	0,56	0,33	0,47	0,47	0,47	0,26	0,16	0,38
Ni »	0,26	0,26	0,17	0,17	0,29	2,57	2,57	2,06	0,11	0,15	0,14
Cr »	0,08	0,08	0,01	0,01	0,01	0,57	0,57	0,04	5,8	5,36	3,06
Mo »	–	–	–	–	–	–	–	–	0,4	0,52	0,40
Va »	–	–	–	–	–	–	–	–	0,25	0,37	0,30
Traitement thermique.	Rec.	Tr.rev.	Rec.	Tr.rev.	Rec.	Rec.	Tr.rev.	Tr.rev.	Tr.rev.	Tr.rev.	Tr.rev.
en kg/mm² :											
vant altération	73	83	56	70	40	79	87,5	71	72	67	60
près 12 h. à 500°	33	–	36,5	63	30	40,7	49	–	–	–	–
» 50 h. à 500°	28	40	32	51	27,5	30	51,5	34	71	68	61
» 50 h. à 550°	33	–	30	–	28	–	–	–	64	60	56
llongements pour 100 :											
vant altération	25	23	26	22	40	26	21	–	19	21	24,5
près 12 h. à 500°	4	–	–	19	21	–	1	–	–	–	–
» 50 h. à 500°	2	N	4	F	14	15	N	1	17	18	24
» 50 h. à 550°	N	–	18	–	–	–	–	–	24,5	25	25

B. — Les allongements n'ont pu être tous mesurés, par suite de ruptures hors repères. N et F indiquent allongements négligeables ou faibles.

b. Parallèlement, on observe une décarburation plus ou moins avancée, que révèlent l'examen micrographique et analytique et aussi, d'une manière frappante, la simple pesée des éprouvettes; on constate, en effet, pour les aciers I à V une perte de poids qui va croissant avec la durée d'altération, tandis que diminue la résistance mécanique. Après un temps suffisant, par exemple 50 heures à 550°, les valeurs de ces pertes de poids finissent généralement par s'identifier avec les teneurs en carbone initialement dosées dans ces aciers et données par le tableau d'ensemble.

Par contre, pour les aciers XI, XII, XIII au Cr-Mo, dont les propriétés mécaniques ont été conservées, le poids des éprouvettes est resté inchangé, ou n'a subi qu'une diminution infime, sans rapport avec la teneur en carbone.

c. Les aciers I à V, trempés ou non, subissent en outre un gonflement notable qui oblige souvent à refileter les têtes d'éprouvette, opération parfois délicate en raison de la fragilité acquise. Pour les essais à 500°, le diamètre de 2^{mm} augmente généralement de 0,02 à $0^{mm},03$: le maximum, observé pour l'acier II, recuit, à 0,32 pour 100 de C, après 12 heures à 500°, a été de $0^{mm},08$. Ce gonflement est à rapprocher de l'absorption

d'hydrogène constatée sur l'acier doux, avant toute décarburation, dans les essais prolongés à 200-250° d'Inglis et Andrews. Le chauffage sous vide, à 700°, d'éprouvettes altérées apporte d'ailleurs une légère amélioration aux propriétés mécaniques sans pouvoir récupérer, bien entendu, la perte due strictement à la décarburation.

d. L'addition de nickel n'apporte pas d'amélioration mais paraît au contraire nuisible. L'introduction de 0,5 pour 100 de Cr dans l'acier mi-dur à 2 pour 100 de Ni améliore trop faiblement sa résistance à l'attaque pour justifier son emploi à la construction de pièces pouvant être en contact avec de l'hydrogène relativement chaud. Ces résultats comme les précédents recoupent les observations faites depuis une vingtaine d'années dans l'industrie dont K. Bosch a donné des aperçus dans une conférence récente (¹).

e. Par contre, les aciers contenant 3 à 6 pour 100 de Cr, 0,5 pour 100 de Mo, *pas de* Ni et très peu de C constituent un premier groupe de nuances [auxquelles d'autres adjonctions (Va, W) peuvent être faites], qui a apporté une solution effective aux problèmes d'appareillage chauds, sous pression d'hydrogène, posés par diverses techniques encore en voie de développement.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Réseau cristallin et macles de la leucite.* Note de M. **Jean Wyart.**

La leucite $KAlSi^2O^6$, minéral d'apparence cubique, cristallise sous forme de trapézoèdres a^2 (112), dont les anomalies optiques ont fait l'objet de nombreux travaux (Biot, Vom Rath, Mallard, Klein, Rosenbusch, G. Friedel). On admet généralement que ces cristaux sont hétérogènes, qu'ils sont des édifices mimétiques d'individus cristallins de symétrie inférieure.

J'ai étudié la diffraction des rayons X ($K\alpha$ du cuivre) par de beaux échantillons de ce minéral provenant de Frascati (province de Rome). Les diagrammes de cristal tournant autour des axes quaternaires, ternaires, binaires du trapézoèdre (112) sont compliqués et difficilement interprétables, car les cristaux sont toujours hétérogènes. Leur étude a été facilitée par l'emploi de la chambre oscillante de Weissenberg.

Il résulte de cette étude que la leucite est quadratique; la maille élémen-

(¹) *Zeitschrift Verein Deutscher Ingenieure,* 77, 25 mars 1933, p. 305.

taire est un prisme quadratique centré de dimensions

$$a = 12{,}95\,\text{Å}, \qquad c = 13{,}65\,\text{Å}.$$

Elle renferme 16^{mol} $KAlSi^2O^6$ (densité calculée 2,516; densité mesurée 2,480).

Groupe de symétrie. — Les taches de diffraction *hkl* n'existent que si $h+k+l=2n$, les taches ool si $l=4n$. Les seuls groupes de Schoenflies-Fedorow compatibles avec ces observations sont les suivants : $C_4^6(I\,4_1)$ et $D_4^{10}(I\,4_1\,2)$. Le premier est improbable parce qu'il exclut les axes binaires perpendiculaires à l'axe d'ordre 4 alors que les diagrammes montrent l'existence de tels axes.

On peut donc admettre le groupe $D_4^{10}(I\,4_1\,2)$.

Macles de la leucite. — Les clichés de rayons X montrent la présence constante de trois orientations de microcristaux quadratiques dont les axes quaternaires sont trirectangulaires. On peut admettre avec G. Friedel que le trapézoèdre $a^2(112)$ provient d'une cristallisation à haute température où le minéral est cubique. En se refroidissant vers 600°, la forme stable étant quadratique, les cristaux s'orientent avec leur axe quaternaire dirigé suivant l'une des trois directions [100], [010], [001] du trapézoèdre qui, dans le cristal homogène à température élevée, ont des propriétés identiques. Ces trois directions jouent donc encore des rôles analogues dans l'édifice hétérogène qui résulte de la transformation polymorphique vers 600°.

Les diagrammes obtenus en faisant tourner le cristal autour de la direction [111] décèlent une complexité plus grande encore dans les cristaux de leucite. Les taches de diffraction qui se répartissent sur les strates perpendiculaires à la direction [111] sont dédoublées; ce qui prouve l'existence de macles par rotation de 120° autour de l'axe de pseudo-symétrie ternaire [111] de la maille quadratique.

Ces multiples orientations des individus cristallins subsistent lorsque, après avoir porté très progressivement la substance à une température de 800°, notablement supérieure à la température de transformation en cristal homogène cubique, on la refroidit lentement jusqu'à la température ordinaire.

Cette étude souligne, d'autre part, l'analogie de structure de la leucite et de l'analcime $NaAlSi^2O^6H^2O$. Cette zéolite pseudo-cubique a pour maille un cube centré dont l'arête a une valeur 13,7 Å égale au paramètre c de la leucite. Le groupe de symétrie O_h^{10} $(I\,a\,3\,d)$ a pour sous-groupe D_4^{10} $(I\,4_1\,2)$ indiqué pour la leucite.

GÉOLOGIE. — *Sur les principales bandes de phtanite du Briovérien de la Vendée.* Note [1] de M. **Gilbert Mathieu**, transmise par M. Charles Barrois.

Nous avons déjà signalé [2] une importante bande de phtanite qui est visible dans les falaises de Brétignolles-sur-Mer et qui se suit facilement jusqu'à la Mothe-Achard (fermes de la Poitevinière), lieux où les phtanites se perdent dans la granulite. Or cette bande, après un léger décrochement, peut être observée sur toute la bordure sud du massif granulitique de la Roche-sur-Yon. Elle passe à Sainte-Flaive-des-Loups, au Château de la Lière, à l'Auduinière, à Nieul-le-Dolent, la Boissière-des-Landes. Ces phtanites s'en vont ainsi rejoindre par la Lande et la Glorandière les gisements de Rosnay signalés, par Boisselier, sur la feuille de Fontenay-le-Comte, et que nous avons vérifiés. Depuis la région de Mareuil-sur-le-Lay jusqu'aux environs de Saint-Gilles, nous pouvons ainsi tracer l'affleurement de la zone des phtanites. Nous parlons de la zone des phtanites parce que la puissance totale des schistes à phtanites de Vendée peut atteindre 100 à 150^{m} (Nieul-le-Dolent, Dompierre-sur-Roc). Les phtanites vendéens offrent toutes les caractéristiques de gisement des phtanites bretons levés par M. Charles Barrois [3], en particulier des phtanites de Lamballe.

Intérêt des phtanites pour la connaissance de la structure de la Vendée. — Cette zone revenant en affleurement un certain nombre de fois, nous donne un moyen de compter les répétitions par plissement dans le Massif vendéen. Dans la région de Cholet et le Synclinorium de Chantonnay-la-Châtaigneraie, les bandes de phtanites alternent avec les lignes synclinales de quartzite. Nous n'insisterons pas sur cette région, car, dans notre Note déjà citée, nous avons figuré les principaux gisements de phtanite de ce secteur. Mais entre l'anticlinal gneissique, Lac de Grand'Lieu-les-Essarts-Mervent et la côte, s'étend un vaste pays de schistes briovériens avec petits massifs de granulite qui ont une disposition à *l'emporte-pièce*.

Des levers détaillés entre les gneiss des Sables-d'Olonne et ceux des Essarts et de Rocheservière nous ont conduit à reconnaître une nouvelle série de bandes de phtanites dont les principales sont du Nord au Sud :

---

(1) Séance du 26 octobre 1936.

(2) *Comptes rendus*, **200**, 1935, p. 330.

(3) *Comptes rendus*, **115**, 1892, p. 326.

1, bande des Lucs-sur-Boulogne; 2, bande de Saint-Etienne-du-Bois; 3, bande de Palluau; 4, bande de Dompierre-sur-Roc, Belleville-sur-Vie, la Maumernière (l'Écorserie); 5, bande du Poiré-sur-Vie, La Chapelle-Palluau, la Coudre; 6, bande de la Roche-sur-Yon (les Terres-Noires); 7, bande de la Cessière (au nord de Martinet); 8, bande de la Réveillère, la Vaud (au sud de la Chapelle-Hermier), la Faverie, l'Aiguillon-sur-Vie; 9, bande de Rosnay, Nieul-le-Dolent, la Mothe-Achard-Brétignolles-sur-Mer.

Relations des phtanites avec les granulites. — La bande de phtanite des Lucs-sur-Boulogne, celle de Sainte Flaive-des-Loups, Nieul-le-Dolent, sont situées à la limite des massifs granulitiques et des schistes X. La bande de Dompierre-sur-Roc, située également à la limite de la granulite, est ensuite complètement incluse dans le massif intrusif : à la Rousselière, dans une carrière, on peut observer les bancs de phtanite qui alternent avec la granulite. La bande du Poiré-sur-Vie, La Chapelle-Palluau est comprise elle-aussi dans la granulite. On peut voir des lits de phtanite quartzifiés et des bancs feldspathisés. Ces longues bandes de phtanite intercalées au milieu de la granulite sur des dizaines de kilomètres, peuvent sembler, *a priori*, dans une situation un peu extraordinaire. Mais les massifs granulitiques de la feuille de Palluau au 1/80000e ne sont pas homogènes; pour la moitié environ de leur superficie, ils correspondent en réalité à une imprégnation granulitique de la série X métamorphisée antérieurement. La surface topographique de la région de Palluau-La Roche-sur-Yon passe justement sur une très grande étendue dans la zone d'interpénétration des schistes et de la granulite (coupe de Chaillé-les-Ormeaux, coupe de l'Hérissonière au nord d'Aizenay).

Dans ces conditions, on comprend le rôle important qu'ont pu jouer les phtanites; roches siliceuses homogènes donc réfractaires, ils ont été un obstacle à la granulitisation. Alors que les schistes micacés ont été transformés en gneiss granulitiques, les phtanites sont restés intacts. A Nieul-le-Dolent, Dompierre-sur-Roc, les premiers bancs de phtanite ont été inclus dans la granulite, les derniers sont intercalés dans des schistes micacés. On conçoit donc que, dans une certaine mesure, les bandes de phtanites puissent *limiter*, par place, le métamorphisme de contact.

Pour l'ensemble du massif, grâce au phtanite, nous pouvons encore dire que les granites ont une disposition anticlinale tandis que les granulites sont indépendantes des grandes lignes structurales.

GÉOLOGIE. — *Age et faune des schistes ordoviciens de Cabrières (Hérault) dits* « Schistes à *Asaphus.* » Note (1) de M. **Marcel Thoral**, transmise par M. Charles Jacob.

Parmi toutes les formations ordoviciennes de la Montagne Noire, l'une des plus connues par la belle conservation et la grande taille de ses Trilobites est celle dite des « Schistes à *Asaphus* », parfois désignée sous les termes de « Schistes à *Barrandia* », ou encore de « Schistes à gâteaux ». Argileux ou quartzeux et psammitiques, les schistes renferment de grands nodules de microquartzites ou de grès fins à structure *cone in cone* dans lesquels se trouvent quelquefois des fossiles divers.

Dans leurs nombreux travaux relatifs à la géologie de la Montagne Noire P. de Rouville, A. Delage, Ch. Barrois, J. Bergeron, J. Miquel ont attribué cette formation au Llandeilo inférieur et cette opinion a été unanimement admise jusqu'à ces dernières années. Mais en 1934, MM. J. Blayac et R. Böhm (2), puis en 1935, M. J. Blayac et Mlle M. Chaubet (3) prouvèrent qu'une partie des schistes à gâteaux de Cabrières apppartenaient à l'Arenig. A la même époque j'ai signalé (4) la présence de *Tuttenstein* fossilifère dans le Trémadoc supérieur et l'Arenig inférieur des Monts de Lacaune. Il était donc déjà rationnel d'admettre que les schistes à gâteaux de la Montagne Noire sont plus anciens qu'on ne l'avait cru jusqu'alors. C'est bien l'opinion adoptée par M. Gignoux (5), qui rapporte la partie inférieure des schistes à gâteaux à l'Arenig supérieur et leur partie supérieure au Llandeilo.

Depuis quelques années, seul ou avec l'aide de MM. Böhm et Déjean, j'ai fouillé la plupart des affleurements de schistes à gâteaux des environs de Cabrières. J'y ai recueilli de nombreux fossiles, tant dans les nodules que dans les schistes qui les renferment. Miss G. Elles a bien voulu déterminer les Graptolites provenant des lieuxdits Boutoury, Roquefenestre, Campmarcous, Pioch Ferrus, Pioch Japhet, Japhet II, Chemin de la Rossignolle, Mounio, ruisseau de la Cisterne, la Mouchasse du Temple etc., tous

(1) Séance du 3 novembre 1936.
(2) *Comptes rendus,* 199, 1934, p. 1140.
(3) *Comptes rendus,* 200, 1935, p. 168.
(4) Thèse *Bull. Serv. Carte géol. France,* 38, n° 192, 1935, p. 180.
(5) *Géologie stratigraphique*, 2e édition, 1936, p. 108-109.

endroits bien connus, situés dans un rayon de 3km autour de Cabrières. D'après ses conclusions *la faune graptolitique est la même dans les schistes et dans les nodules; elle est peu variée et toujours du même âge :* celui de la zone à *Didymograptus extensus*, sous-zone supérieure à *D. deflexus*. On y trouve en effet : *Didymograptus balticus* Tullb., *D. deflexus* E et W., *D. extensus* Hall, *D. Nicholsoni* var. *planus* E., *D. simulans* Lapw., *D. uniformis* E. et W., *D. v. fractus* Salt., *Tetragraptus Amii* Lapw. et peut-être *Azygograptus eivionicus* E. Cette association caractérise indubitablement un horizon équivalent à la zone à *D. deflexus* d'Angleterre qui, toujours d'après Miss Elles, est elle-même approximativement du même âge que la zone à *D. balticus* de Scandinavie ([1]).

L'étude des Trilobites recueillis dans les gâteaux confirment cette conclusion. Les plus nombreux appartiennent aux genres *Megalaspis* et *Niobe;* viennent ensuite *Amphion Escoti* Berg., rapproché par Brögger de *Cyrtometopus primigenius* Ang. et par Pompeckj de *Anacheirurus foveolatus* Ang., puis *Asaphellus* cf. *desideratus* Barr., *Symphysurus* sp., *Nilæus* sp. *Je n'ai pas encore trouvé un seul représentant authentique du genre Asaphus* ni dans le nouveau matériel que j'ai récolté, ni dans les riches collections du Laboratoire de Géologie de Montpellier.

A cette faune graptolitique et trilobitique s'ajoutent des *Endoceras*, des *Sinuites*, des *Orthis*, *Palæura Jacobi* Thor., enfin quelques Cystoïdes et Crinoïdes qui me paraissent identiques à ceux de l'Arenig inférieur languedocien.

De plus, si nous remarquons que les schistes à gâteaux manquent lorsque les grès à Lingules, également d'âge Arenig moyen, sont bien développés, nous pouvons penser que ces deux formations sont des faciès d'un seul et même horizon. Toutes deux sont vraisemblablement des dépôts néritiques de la partie inférieure de l'Arenig moyen languedocien.

En résumé, il résulte des faits ci-dessus exposés que :

1° les termes de « Schistes à *Asaphus* » et de « Schistes à *Barrandia* » doivent disparaître de la nomenclature stratigraphique languedocienne;

([1]) D'après M. Elles-Wood, *Palaeontographical Society*, n° 67, 1913, p. 526, l'Arenig d'Angleterre comprend les subdivisions suivantes : Zone 3 à *Dichograptus*, Z. 4 à *Didymograptus extensus*, Z. 5 à *D. hirundo*, Z. 6 à *D. bifidus*. Les schistes à gâteaux de Cabrières appartiennent à la partie supérieure de la zone 4, c'est-à-dire à la partie inférieure de l'Arenig moyen si l'on fait trois subdivisions dans cet étage ou au sommet de l'Arenig inférieur si l'on en admet que deux.

on peut sans gros inconvénients conserver celui de schistes à gâteaux, mais il serait préférable de lui substituer la dénomination de schistes à *Didymograprus balticus* et *D. deflexus*;

2° cette formation est fossilifère dans les schistes et dans les nodules. Partout dans les environs de Cabrières, elle renferme une faune graptolitique et trilobitique de la partie inférieure de l'Arenig moyen et non du Llandeilo comme on le croyait;

3° les schistes à *Didymograptus balticus* et *D. deflexus* sont probablement un équivalent latéral d'une partie des grès à Lingules dont l'âge Arenig moyen n'est plus discuté.

GÉOLOGIE. — *Sur la présence du Sénonien dans la chaîne du Djurjura.* Note (¹) de M. **Alexis Lambert**, présentée par M. Charles Jacob.

En 1933, au cours d'excursions géologiques dans le Djurjura, j'ai observé aux alentours du Lac Goulmine et au Nord du Djebel Haïzer, sur la Feuille au 1/50000ᵉ de *Bouïra*, une série de couches calcaréo-marneuses, associées à celle qui figurent sur cette feuille géologique sous la teinte du Lias supérieur (l^4). Ces terrains m'ont fourni en abondance des *Inocérames*, la plupart de très grande taille, pouvant atteindre jusqu'à près de 50^{cm} de diamètre.

L'âge sénonien de cette série m'a paru hautement probable. Le Crétacé supérieur serait ici représenté par une épaisseur d'environ 150^{m} de marnes calcaires blanchâtres, friables, offrant des intercalations de bancs de calcaires marneux plus résistants. Les fossiles se présentent dans les zones les plus calcaires. Outre les Inocérames, j'ai recueilli ou observé de nombreux Echinides et Ostracés malheureusement en mauvais état de conservation.

Les affleurements sont compris vers l'axe de la chaîne montagneuse et sur le flanc nord : depuis la dépression du Lac Goulmine, à l'Est, jusqu'aux environs de Tala Guilef (source située au Nord de la forêt d'Aït Ali), à l'Ouest, c'est-à-dire sur une longueur de 6^{km} environ.

Le Sénonien ainsi constitué repose, soit sur le Tithonique récemment découvert dans les mêmes régions (²), soit sur le Lias moyen ou sur le Lias

(¹) Séance du 3 novembre 1936.

(²) Cf. F. Roman, *C. R. somm. S. G. Fr.*, iv, 1936, p. 51. Il est fait sommairement mention du Sénonien dans cette Note, selon mes propres indications à l'auteur.

supérieur. Il présente parfois avec ce dernier une similitude manifeste de faciès lithologique. Les dépôts crétacés débutent sans interposition à leur base de couches détritiques pouvant marquer la séparation nette avec leur substratum ([1]). Ils sont recouverts soit par des marnes calcaires éocènes, qui contiennent des Nummulites silicieuses, soit par des « poudingues supranummulitiques » selon la désignation proposée par E. Ficheur. Cette couverture a évidemment favorisé la conservation des lambeaux crétacés dans la situation où ils se présentent.

A travers l'étendue longitudinale de la puissante Chaîne calcaire des Kabylies (laquelle s'incorpore à la zone tectonique 1[c] selon la classification proposée par M. Louis Glangeaud), la présence du Sénonien n'était jusqu'alors connue que fort loin du Djurjura : d'une part à l'Est, dans la région de Bougie ([2]), et d'autre part à l'Ouest, dans le Chenoua ([3]). Notre nouveau jalon témoigne directement de la situation transgressive du Crétacé supérieur dans cette importante zone tectonique de l'Algérie sublittorale.

Par leur faciès calcareux, les dépôts crétaciques du Djurjura, sans offrir un caractère littoral, paraissent manifestement moins profonds que leurs correspondants du même âge (marnes noires principalement) conservés à peu de distance au Sud comme le montre la carte géologique, ce qui corrobore l'idée que l'on se fait de la paléogéographie du Djurjura dans la dernière partie des temps secondaires.

GÉOLOGIE. — *Remarques sur quelques caractères structuraux et sur certains aspects de la géologie du pétrole, dans deux régions à dispositifs analogues : Subcarpathes et régions Sud-Rifaines.* Note ([4]) de M. **Jean Lacoste**, transmise par M. Charles Jacob.

A l'occasion d'une description détaillée des champs pétrolifères de Roumanie, M. Mrazec, en collaboration avec plusieurs géologues rou-

---

([1]) J'ai cependant observé la présence d'un conglomérat à éléments liasiques à environ 200[m] Ouest de Tizi n'Toumellilt (Col de la Terre blanche, cote 1814); mais je ne saurais dire, en l'état des affleurements, s'il correspond à la transgression sénonienne ou s'il marque un accident de sédimentation local dans le Tithonique.

([2]) Voir la carte générale au 1/800000[e], la feuille au 1/50000[e] Bougie récemment publiée et, en outre, F. Ehrmann, *Serv. Carte géol. de l'Algérie*, 1, 1924, p. 94.

([3]) Cf. J. Savornin, *Bull. Serv. Carte géol. de l'Algérie*, 1, 1924, p. 72, et L. Glangeaud, *Bull. Serv. Carte géol. de l'Algérie*, 2[e] série, 8, 1932, p. 265.

([4]) Séance du 3 novembre 1936.

mains (1), a présenté récemment une très belle synthèse des conditions tectoniques des Subcarpathes, qui jette une lumière nouvelle sur des *ressemblances frappantes*, selon le terme de l'auteur, entre ces plissements et ceux des régions Sud-Rifaines. Le mécanisme essentiel est le même; en Roumanie, serrage entre les mâchoires des nappes Karpathiques avançant vers le Sud et le bloc dobrogéen en voie de sous-poussée; au Maroc, serrage entre la Meseta ibérique et les dispositifs charriés (que vient de révéler M. Fallot) de la dorsale calcaire rifaine et la Meseta marocaine. Ici et là, dans la couverture, tendance aux mouvements fuyants et glissants qui se font en Roumanie en sens *inverse* de la sous-poussée karpathique; au Maroc, comme je l'ai antérieurement exprimé, le sens de la poussée rifaine est *inverse* du sens de l'écoulement du flux profond (2).

Dans le détail, parmi les analogies qu'offrent les deux édifices, la nature et le rôle de deux éléments stratigraphiques retiennent l'attention; ce sont les *couches de Cornu roumaines*, d'âge aquitanien, et les *marnes schisteuses crétacées rifaines*. Outre leurs faciès de schistes argilo-vaseux, gypseux et salins, leur rôle tectonique dans les zones méridionales des deux chaînes est assez comparable, puisque, d'une part, nos collègues roumains pensent que les couches de Cornu ou *formation à sel* apportent les constituants essentiels de leurs massifs salifères, et que, d'autre part, nous avons reconnu l'intervention constante des marnes schisteuses rifaines (associées ou non à des éléments salifères plus profonds) dans tous les accidents de ce type.

Si la masse plastique crétacée rifaine est responsable (avec le Trias et d'autres horizons plastiques récurrents) de dysharmonies et de décollements marginaux et partiels, ces phénomènes ne semblent pas prendre l'ampleur du décollement subcarpathique qui se fait au niveau des couches de Cornu où se réunissent en profondeur tous les corps diapirs. Peut-être en eût-il été de même au Maroc si les faciès eussent été moins hétérogènes, si en particulier le faciès gypseux des marnes crétacées se fût étendu plus vers le Nord et si, en outre, les glissements de la couverture secondaire et tertiaire n'eussent été retenus par les blocs rigides des grands massifs liasiques.

---

(1) L. Mrazec, G. Macovei, D. Stefanescu, P. Voitesti, R. Noth, A. Pustowka, I. Strzetelski, K. Tolwinski, *Les phénomènes de diapirisme et la géologie des gisements pétrolifères roumains*. (*Service géologique des Karpathes*, 3, 1935, p. 54.)

(2) *Études sur le Rif méridional*, 2, 1934, p. 649.

Ceux-ci en effet ont subi peu de déplacements relativement aux zones surélevées du socle qui les portent, mais sont comme lui affectés par des disolcations de style brisant, où l'on peut voir l'expression de surface ou subsurface des déformations tangentielles de masses beaucoup plus profondes. La fragmentation du socle, conséquence du serrage, et les jeux d'exhaussement ou d'affaissement de ses compartiments, sont ainsi plus apparents en bordure du Rif (dépression ou détroit sud-rifain) qu'en bordure des Subcarpathes (plaine roumaine).

Mais les analogies des deux éléments stratigraphiques considérés nous proposent des vues de nature toute différente. Ces deux masses plastiques sont faiblement bitumineuses. On a pu supposer que les couches de Cornu étaient la roche mère du pétrole roumain. D'autre part, on est frappé par le fait que les 4/5e des suintements prérifains se situent dans les marnes crétacées. Est-ce là une explication de la liaison si fréquente de ces suintements aux sorties diapires salifères ou cette liaison est-elle d'ordre tectonique ? Nous pensons en effet que d'autres niveaux prérifains ont pu être des roches mères. Pareillement, en Roumanie, admet-on, depuis peu, que l'huile s'est formée en différents horizons (y compris ceux si productifs du Méotien et du Dacien).

Toute question relative à l'importance des accumulations étant mise à part, et s'en tenant au seul point de vue de l'origine de l'huile, deux origines au Maroc (et, d'une façon analogue en d'autres régions d'Afrique du Nord) nous paraissent probables :

1° D'une part, dans certains niveaux du sillon subsident prérifain, zone d'actif remblayage durant le Secondaire et le Tertiaire (huile dans sédiments récurrents argilo-sableux ou dans flysch), type roumain.

2° Dans certains niveaux calcaires des rides bordières, où des balancements et des ruptures fréquentes d'une sédimentation toujours littorale ont favorisé, par de riches dépôts benthoniques, des accumulations d'huile d'origine locale (ce qui n'implique pas qu'elles soient de volumes réduits). Des gisements productifs nord-américains sont d'un type très semblable.

Ainsi résumées, ces notions, que pourront justifier très objectivement d'autres développements, suggèrent l'étroite liaison existant, selon nous, entre les conditions de formation de l'huile et l'évolution paléogéographique de cette région marocaine.

SISMOLOGIE. — *Sur l'importance des ondes longues et la profondeur du foyer des tremblements de terre*. Note [1] de M. **Charles Bois**, présentée par M. Charles Maurain.

On sait que, pour la grande majorité des tremblements de terre, les ondes superficielles présentent des amplitudes beaucoup plus grandes que celles des phases préliminaires, mais il peut y avoir des exceptions : dans certains cas, les ondes L peuvent offrir une importance bien moindre que les ondes P et S. A l'heure actuelle, de nombreux auteurs admettent qu'en pareil cas, on a affaire à un séisme à grande profondeur focale.

La question a fait l'objet de recherches théoriques. D'après Banergi [2], l'amplitude des ondes de Rayleigh décroît suivant une loi exponentielle quand la profondeur du foyer augmente, toutes choses égales d'ailleurs. Jeffreys [3] estime qu'il en est de même pour les ondes de Love. Ces auteurs ont cherché à calculer une valeur moyenne des coefficients figurant dans les formules qu'ils ont obtenues, mais les hypothèses introduites relativement à la constitution du globe étant beaucoup trop simples, et certainement très éloignées de la réalité, on ne peut accorder une grande valeur aux résultats numériques obtenus. Il est nécessaire d'avoir recours à l'observation.

Stoneley [4] a remarqué que sur les inscriptions des tremblements de terre à grande profondeur focale, les ondes superficielles ne présentent que de faibles amplitudes, et les exemples qu'il fournit sont tout à fait probants. Mais ses recherches n'épuisent pas la question, et il m'a semblé utile de procéder à l'étude systématique d'un nombre suffisant de séismogrammes relatifs à des tremblements de terre présentant des profondeurs focales variées. A cet effet, j'ai examiné les inscriptions obtenues à Strasbourg à l'aide des appareils Galitzine à 12^s de période au cours des années 1923-1929 pour les distances épicentrales comprises entre 3000 et 11000^{km}. Au total, j'ai retenu 212 séismogrammes présentant des phases suffisamment nettes pour permettre l'interprétation. Les distances adoptées sont celles indiquées par l'I. S. S.; d'après les intervalles observés entre les

---

(1) Séance du 3 novembre 1936.

(2) *Phil. Mag.*, 6e série, 49, London, 1925, p. 65.

(3) *M. N. R. A. S., Geoph. Suppl.*, 1, London, 1928, p. 500.

(4) *Beiträge z. Geophysik*, 29, Leipzig, 1931, p. 417.

heures d'arrivée des diverses phases, j'ai déterminé les profondeurs focales à l'aide des tables de Wadati.

Il ne semble pas possible à l'heure actuelle de caractériser l'importance d'un ensemble aussi complexe que les ondes superficielles par un nombre qui soit comparable d'un séisme à l'autre; je me suis donc borné à un examen qualitatif. Je dirai que les ondes L sont *normales* quand leur amplitude maximum observée directement sur les séismogrammes dépasse nettement celle des ondes longitudinales et transversales, directes ou réfléchies; dans le cas contraire, je dirai qu'elles sont *peu développées*. J'ai réparti les inscriptions examinées entre ces deux catégories. Le tableau ci-après indique le nombre de cas où, pour chaque profondeur focale, j'ai observé des ondes L normales et des ondes L peu développées.

En résumé, on remarque que pour les profondeurs focales inférieures à 80^{km}, les L sont généralement normales (proportion des exceptions : 3,8 pour 100). Pour les profondeurs supérieures à 200^{km}, les L sont toujours peu développées; pour les profondeurs intermédiaires, les L sont parfois peu développées (40 pour 100 des cas environ), plus souvent normales. Donc, si l'amplitude des ondes superficielles est fonction de la profondeur du foyer, d'autres causes doivent intervenir : nature du parcours (marin ou continental), structure géologique du sous-sol au foyer et à la station d'observation, etc.

Il faut ajouter d'autre part que cette valeur limite de 200^{km} a été établie uniquement pour les inscriptions obtenues à Strasbourg à l'aide des appareils Galitzine à 12 s. de période. L'étude des séismogrammes provenant de pendules Galitzine à 22 s. de période ne conduirait probablement pas à la même valeur. Il conviendrait aussi de procéder à des recherches analogues dans d'autres stations.

Pour conclure, il semble bien qu'il faille abandonner le critérium de profondeur anormale du foyer basé sur l'importance relative des longues ondes et des phases préliminaires.

Examen des ondes superficielles L *sur les inscriptions des séismes correspondant à des distances épicentrales comprises entre* 3000 *et* 11000^{km} *pour la période* 1923-1929.

Profondeurs (km).	< 80.	80.	100.	120.	140.	160.	180.	200.	240.	280.	320.	340.	380.	400.	450.	≥ 500.	Total.
L normales	166	4	2	2	3	1	2	1									181
L peu développées.	7	2	1	2	3		1	1	1	1	5	1	1	2	1	2	31

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Les chondriosomes et les plastes des Caulerpes* (*Algues vertes*, *Siphonales*). Note de M. **Marius Chadefaud**, présentée par M. Alexandre Guilliermond.

Les Siphonales et les Siphonocladiales étant pour la plupart exotiques, leur cytologie n'a pas encore fait l'objet d'études suffisamment approfondies. Grâce au matériel que m'ont fort amiablement rapporté de leur récent voyage à la Guadeloupe (janvier-mai 1936) MM. Allorge et Lami, il m'est aujourd'hui permis de combler partiellement cette lacune de nos connaissances, en ce qui concerne les constituants protoplasmiques des Caulerpes.

Les espèces examinées ont été : *Caulerpa racemosa* (Forsk.) v. Bosse, *C. crassifolia* (C. Ag.) J. Ag., *C. sertularioides* (Gmel.) Howe, *C. verticillata* J. Ag. et en outre *Penicillus capitatus* Lamx. qui, bien que rangé parmi les Codiacées, a les caractères cytologiques des Caulerpes. Toutes ces espèces avaient été fixées et conservées dans de l'eau de mer additionnée de 10 pour 100 de formol du commerce, préalablement neutralisé. Dans ces conditions, les constituants protoplasmiques étaient conservés d'une façon sinon parfaite, du moins suffisante pour une première étude. Leur examen m'a conduit aux résultats suivants :

1. Le chondriome des Caulerpes (chondriome inactif) est constitué de chondriosomes granuleux, très ténus, mais très nombreux, que j'ai pu observer de façon particulièrement nette chez *C. verticillata*, après coloration à l'hématoxyline ferrique.

2. Leur plastidome (chondriome actif dans la photosynthèse et l'amylogénèse) est beaucoup plus remarquable. Il présente en effet les deux particularités suivantes :

A. *Il est toujours constitué par deux catégories distinctes de plastes*, qui coexistent au sein du même cytoplasme, dans toutes les parties du thalle : d'une part des *chloroplastes*, d'autre part des *leucoplastes amylogènes*, ainsi que l'avait déjà observé Czurda (1928) chez *Caulerpa prolifera* (1).

Chez *C. racemosa*, chaque chloroplaste renferme un pyrénoïde, avec enveloppe d'amidon. Chez *C. sertularioides* et *P. capitatus*, il n'y a pas de pyrénoïde, mais on retrouve dans chaque chloroplaste un foyer d'amylo-

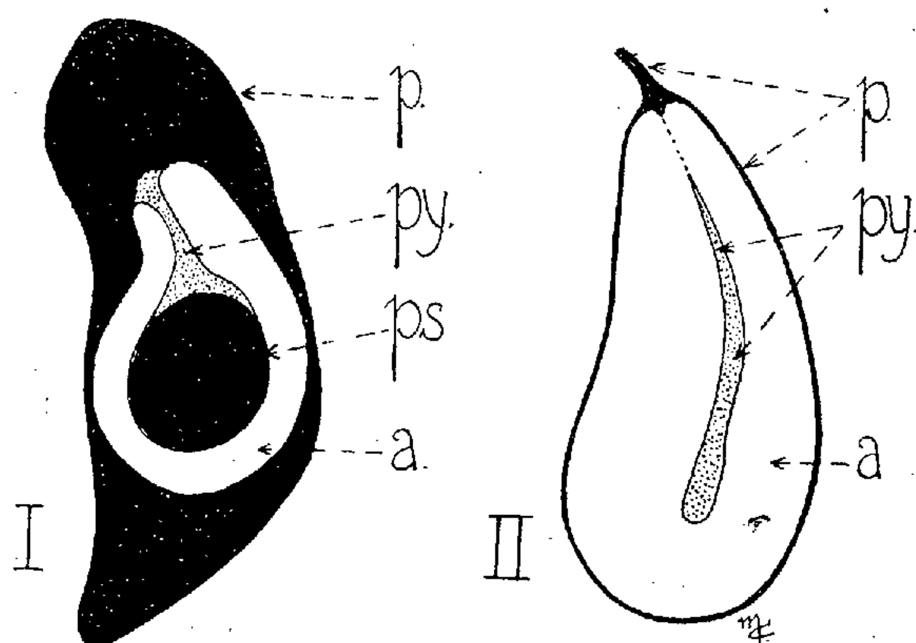
---

(1) V. Czurda, *Beih. z. Bot. Centralbl.*, 45, 1928, p. 199.

génèse, où s'élaborent des grains d'amidon ténus. Chez les deux autres espèces, il n'y a ni pyrénoïde ni amidon dans le plastidome chlorophyllien, conformément aux descriptions classiques.

Chez toutes les espèces, chaque leucoplaste est réduit à l'enveloppe « mitochondriale » d'un grain d'amidon. Les leucoplastes peuvent donc passer facilement inaperçus, et une étude insuffisamment approfondie laisserait l'impression que les grains d'amidon se forment directement au sein du cytoplasme fondamental, sans participation du plastidome.

Chez *C. racemosa*, j'ai pu retrouver dans toutes les parties du thalle ces deux catégories de plastes, représentées l'une et l'autre par des éléments



Caulerpa racemosa (Forsk) v. Bosse. — I, chloroplaste; II, leucoplaste; *p*, le plaste proprement dit; *py*, pyrénophore, ou stroma « mitochondrial » du pyrénoïde, et son équivalent dans le leucophaste; *ps*, pyrénosome protidique; *a*, amidon.

de toutes tailles. Je n'ai par contre observé aucune forme qui puisse s'interpréter de façon certaine comme stade de division. Dès lors, je crois que les deux catégories de plastes évoluent côte à côte, indépendamment, à partir de stades primordiaux de très petite taille; je n'ai malheureusement pu faire une étude convenable de ces stades primordiaux, et ne puis donc décider si les deux catégories de plastes sont distinctes *ab initio*, ou si elles proviennent du développement en des sens différents d'un type unique d'éléments primordiaux.

B. *Chez* C. racemosa, *les plastes ont une morphologie très précise, extrêmement remarquable, et le type morphologique fondamental est le même pour les leuco- et les chloroplastes.* C'est ce que montre la figure 1. On notera particulièrement l'aspect tout à fait particulier du pyrénoïde, dans le chloroplaste, et le fait que le grain d'amidon du leucoplaste n'est rien d'autre

qu'un pyrénoïde à enveloppe amylacée hypertrophiée, tandis que le pyrénophore est rudimentaire et qu'il n'élabore pas de pyrénosome. La ressemblance du leucoplaste avec ceux des laticifères de certaines Euphorbes retiendra aussi l'attention.

Cette morphologie précise ne se retrouve pas chez les autres espèces, du moins avec la même netteté. Elle me paraît indiquer que les plastes ont une structure intime infra-visible, comparable dans une certaine mesure à celle d'un réseau cristallin, structure qui serait particulièrement accusée chez *C. racemosa*.

MYCOLOGIE. — *L'influence du vide partiel ou poussé sur la croissance et la morphologie de quelques Champignons inférieurs.* Note [1] de MM. **A.** et **R. Sartory** et **J. Meyer.**

Continuant nos travaux [2], nous nous sommes adressés à quatre organismes morphologiquement bien distincts : *Mucor spinosus* Van Tieghem [3], étudié antérieurement, à zygospores exceptionnelles; *Mucor nigricans* Bonorden, donnant spontanément des œufs; *Aspergillus fumigatus*, var. *cellulosæ* Bäumli ne produisant jamais d'appareil sexué [4]; *Eurotium diplocyste* Sartory et Meyer [5] donnant spontanément des périthèces.

Les cultures ont été effectuées à la température optima pour nos organismes, soit à 27°, soit à 37°. Nous avons toujours mis en œuvre trois cultures, dont une en aérobiose placé dans l'optimum cultural, une en atmosphère à oxygène raréfié (40 à 50^{cm} de pression), et la troisième dans un vide poussé à la pression de 1/5e à 1/7e de millimètre de mercure.

Comme milieux de cultures, nous avons choisi la Pomme de terre et le milieu de Raulin liquide neutre, ce dernier se prêtant facilement à l'étude de l'assimilation des différents sucres.

Nous exprimons succinctement dans le tableau suivant l'ensemble de nos constatations obtenues au cours de nos recherches :

---

(1) Séance du 3 novembre 1936.
(2) *Annales Inst. Past.*, 55, 1935, p. 182.
(3) A. et R. Sartory et J. Meyer, *Zentralbl. f. Bakt.*, II. 78, 1929, p. 410.
(4) A. et R. Sartory et J. Meyer et H. Bäumli, *Le Papier*, 38, 1935, p. 43 et 529.
(5) *C. R. Soc. Biol.*, **104**, 1930, p. 881.

1. *Mucor spinosus.*

Observation.	Pression atmosphérique.	Vide partiel (pression : 40 à 50cm).	Vide poussé (pression : 1/5 à 1/7 de mm.).
Croissance amorcée après......	2 à 3 jours	6 à 7 jours	12 à 15 jours
Récolte maxima après.........	6 à 7 jours	16 à 20 jours	18 à 26 jours
Mycélium...................	régulier peu cloisonné, diamètre 6 à 10µ	régulier à cloisons assez espacées, diamètre 6 à 10µ	irrégulier cloisonné, épaissi à formes rondes et en masses
Hyphes......................	dressés non cloisonné, diamètre 4 à 6µ	dressés non cloisonné, diamètre 4 à 6µ	à ramifications, cloisonnées, diamètre 8 à 10µ
Sporanges....................	diamètre 25 à 35µ, columelles irrégulières à protubérances	diamètre 15 à 25µ, sporanges jaunes, protubérances des columelles rares	diamètre 40 à 50µ à parois épaissies, columelles uniformes à surfaces lisses très petites
Spores......................	4 à 8µ	4 à 8µ	10 à 12µ, à parois épaissies, échinulées
Chlamydospores..............	très rares	très rares	abondantes, intercalaires et terminales
Zygospores..................	néant	néant	néant

2. *Mucor nigricans.*

Observation.	Pression atmosphérique.	Vide partiel (pression : 40 à 50cm).	Vide poussé (pression : 1/5 à 1/7 de mm.).
Croissance amorcée après......	2 à 3 jours	5 à 7 jours	5 à 7 jours
Récolte maxima après.........	10 à 12 jours	12 à 15 jours	18 à 25 jours
Mycélium...................	régulier, anastomosé, sans cloisons	régulier, ramifications plus prononcées, rares cloisons	irrégulier, cloisonné, levuriforme
Hyphes......................	5 à 8µ	5 à 8µ	6 à 8µ,5
Sporanges....................	14 à 26µ	11 à 25µ	14 à 30µ
Spores......................	3 à 6µ	3 à 6µ	3,5 à 7µ
Chlamydospores..............	néant	rares	8 à 16µ, très abondantes
Zygospores..................	positives	positives	positives

3. *Aspergillus fumigatus* var. *cellulosæ.*

Observation.	Pression atmosphérique.	Vide partiel (pression : 40 à 50cm).	Vide poussé (pression : 1/5 à 1/7 de mm.).
Croissance amorcée après......	1 à 2 jours	4 à 6 jours	11 à 13 jours
Récolte maxima après.........	6 à 8 jours	12 à 13 jours	30 à 35 jours
Mycélium...................	régulier, peu cloisonné 2,2 à 3µ,5	régulier, peu cloisonné 2,2 à 3µ,5	sinueux, fortement cloisonné 2,5 à 6µ
Hyphes......................	3 à 5µ	3 à 5µ	6,5 à 11µ
Ampoules conidiophores......	10 à 15 × 25 à 28µ	10 à 15 × 25 à 28µ	25 à 30 × 25 à 36µ
Sterigmates..................	5 à 11 × 1 à 3µ	5 à 11 × 1 à 3µ	10 à 15 × 3 à 6µ
Conidies....................	1,2 à 2µ,3	1,2 à 2µ,3	1,5 à 3µ
Périthèces..................	néant	néant	néant

4. *Eurotium diplocyste.*

Observation.	Pression atmosphérique.	Vide partiel (pression : 40 à 50^{cm}).	Vide poussé (pression : 1/5 à 1/7 de mm.).
Croissance amorcée après......	2 à 3 jours	2 à 3 jours	4 à 6 jours
Récolte maxima après.........	12 à 13 jours	12 à 15 jours	22 à 25 jours
Mycélium....................	régulier, peu cloisonné 1 à 2^{μ}	régulier, peu cloisonné 1 à 2^{μ}	régulier, peu cloisonné 1 à 2^{μ}
Hyphes......................	non cloisonnées, $3,1$ à $3^{\mu},7$	non cloisonnées, $3,1$ à $3^{\mu},7$	2 à 3 fois cloisonnées, 4,7 à 6^{μ}
Ampoules conidiophores......	10 à 25 × 15 à 30^{μ}	10 à 25 × 15 à 30^{μ}	10 à 25 × 15 à 30^{μ}
Sterigmates.................	1,5 à 2 × 4,5 à 5^{μ}	1,5 à 2 × 4,5 à 5^{μ}	2,8 à 3,5 × 3,5 à 4^{μ}
Conidies....................	2,5 à $3^{\mu},1$	2,5 à $3^{\mu},1$	2,5 à 4^{μ}
Périthèces..................	45 à 60 × 55 à 65^{μ}	45 à 60 × 55 à 65^{μ}	45 à 58 × 50 à 60^{μ}

De l'ensemble de ces observations nous nous croyons en droit de tirer les conclusions suivantes :

Dans les conditions expérimentales ci-dessus exposées l'anaérobiose stricte ou partielle n'a aucune influence sur l'apparition ou la suppression du phénomène sexué chez les Oomycètes et les Ascomycètes.

L'absence d'oxygène occasionne une diminution exagérée du thalle mycélien et des hyphes fructifères en même temps une apparition des éléments de multiplication de défense, formes levuriennes ou chlamydospores.

L'atmosphère appauvrie ou dépourvue d'oxygène produit chez nos champignons une hypertrophie générale de tous les organes, même des spores et conidies, ordinairement considérés comme éléments très stables. Ce phénomène apparaît beaucoup plus nettement chez les microorganismes dépourvus de reproduction sexuée. Ces champignons protègent leurs éléments de multiplication par une hypertrophie et la formation de membranes fortement épaissies.

Les quatre champignons mis à l'épreuve sont tous capables de vivre dans une atmosphère extrêmement pauvre en oxygène, ils sont capables de se reproduire par voie sexuée ou asexuée suivant leur condition d'existence habituelle; l'amorçage des cultures est souvent sensiblement retardé et le poids des récoltes maxima est toujours plus faible en anaérobiose et ceci principalement pour les champignons à reproduction asexuée.

PHYSIOLOGIE. — *Évolution pondérale des organes chez la Souris carencée en lysine.* Note de M. **Max Lafon**, présentée par M. Louis Lapicque.

Lorsqu'on empêche un Mammifère de croître, soit en restreignant la nourriture ou la boisson, soit en abaissant la teneur de la ration en une catégorie essentielle d'aliments, tels que sels, protides, vitamine A, le palier pondéral apparent ainsi obtenu masque un ensemble de phénomènes complexes : certains organes continuent à croître, d'autres se maintiennent, d'autres enfin régressent. Je me suis demandé si la privation de lysine, acide aminé indispensable à la croissance, donnait lieu à un tel équilibre de phénomènes antagonistes, ou si, au contraire, la carence en lysine suspendait l'évolution de l'organisme à l'état initial de l'expérience.

Deux régimes furent constitués, ne différant que par la présence ou l'absence de lysine : *Régime I* : gliadine de blé, 18 pour 100; amidon soluble, 58 pour 100; saccharose, 18 pour 100; mélange salin d'Osborne et Mendel, 4 pour 100; levure sèche, 1,5 pour 100; extrait de vitamines liposolubles, 0,5 pour 100. *Régime II* : même composition que le précédent, sauf gliadine, 17,46 pour 100; lysine, 0,54 pour 100. La lysine fut administrée sous forme de bichlorhydrate neutralisé exactement par du bicarbonate de sodium.

55 souris albinos de la même souche, âgées de 30 jours en moyenne, furent réparties en deux lots, 31 soumises au régime I, 24 au régime II. Après 60 jours d'expérience, 21 survivantes du lot II étaient passées d'une moyenne de $8^g,5 \pm 0,2$ à $20^g,10 \pm 0,4$. Tandis qu'en une durée moyenne de 91 jours, les 23 survivantes du lot I s'élevèrent seulement de $8^g,09 \pm 0,12$ à $11^g,09 \pm 0,5$. Cette dernière croissance minime et très lente, est sans doute due à une rétention sélective du très faible apport de lysine fourni par la gliadine employée (teneur en lysine 0,6 pour 100) et par la levure de bière.

Le tableau ci-après donne les poids secs comparés des organes, en milligrammes, pour :

1° un lot témoin T, de 16 animaux, pesant $8^g,35 \pm 0,40$;

2° les lots I et II;

3° un lot III de 21 animaux, pesant le même poids que ceux du lot I ($11^g,35 \pm 0,40$), mais non carencés et beaucoup plus jeunes. La légère croissance du lot carencé rendait difficile la comparaison des lots I et T.

Aussi ai-je estimé nécessaire de constituer le lot III, qui correspond exactement au poids final des animaux carencés.

Organes.	Lot T.	Lot II.	Lot I.	Lot III.
Foie............	85 ±4,7	263 ±25,2	215,4 ±14,5	131,4 ±6,6
Rein............	11,83±0,64	26,9 ± 1,67	20,89± 0,81	15,97±0,63
Testicule........	4 ±0,7	9,9 ± 0,67	9,8 ± 0,41	6,07±0,78
Thymus.........	4,61±0,54	5,2 ± 0,9	3,25± 0,32	5,75±0,60
Rate...........	11,61±0,86	26,7 ± 3,1	8,2 ± 1	14,1 ±1,7
Cœur...........	10,83±0,70	18,8 ± 0,92	13,5 ± 0,5	12,8 ±0,54
Tractus digestif..	69,4 ±3,7	127 ± 5,5	95 ± 5,41	88,1 ±1,72
Gl. salivaires....	7,83±0,51	21,5 ± 1,18	12,1 ± 2	11,1 ±0,6
Encéphale.......	69,5 ±1,26	81,16± 1,35	76,02± 1,4	75,4 ±1,3
Poumons........	15,3 ±0,86	24,7 ± 0,71	18,02± 0,58	16,5 ±0,7

D'autre part, la comparaison des poids frais et des poids secs m'a permis de déterminer la teneur en eau des divers organes. En calculant l'erreur standard de la différence entre les diverses constantes statistiques, prises deux à deux, des lots I et III de même poids moyen et d'âge très inégal on voit que : 1° le foie pendant la carence, présente un accroissement notable de poids sec, la teneur en eau diminuant d'autre part; 2° le rein et le testicule augmentent de poids sec, et leur teneur en eau reste constante. Le testicule atteint le poids adulte. Cela est à rapprocher des résultats de Courrier et Raynaud (1) (Spermatogénèse normale chez le Rat carencé en lysine); 3° le thymus et la rate diminuent de poids sec, en gardant constante leur teneur en eau; 4° le cœur n'augmente pas de poids, mais se dessèche légèrement; 5° le tractus digestif, les glandes salivaires, les poumons marchent au même pas dans les deux groupes. Il en est de même de l'encéphale, organe très résistant aux carences et dont la croissance est déjà presque achevée.

On peut conclure de ces recherches préliminaires que la carence en lysine ne suspend pas l'évolution de l'organisme : si elle suspend certaines croissances d'organes, elle en permet d'autres ou détermine par contre des régressions. On peut admettre que de tels processus correspondent à un transfert de lysine d'un organe à l'autre, ou bien encore que ce corps joue dans la croissance un rôle plus régulateur que constructif. En tout cas, ces variations des organes ont pu facilement passer inaperçues, malgré leur

(1) *C. R. Soc. Biol.*, 109, 1932, p. 881.

importance physiologique, car l'ensemble des organes examinés correspond au plus au cinquième de la masse totale de l'animal, le reste étant constitué par la peau, les muscles et les os.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Réceptivité des animaux au virus de la maladie des porchers.* Note [1] de MM. **Paul Durand**, **Paul Giroud**, **Édouard Larrive** et **André Mestrallet**, présentée par M. Félix Mesnil.

Dans une Note précédente [2], nous avons indiqué que la maladie des porchers peut être inoculée en série à l'homme. Certaines espèces animales sont également réceptives.

Porc. — Étant donné l'étiologie de la maladie humaine, nous avons expérimenté d'abord sur le porc, en choisissant de jeunes porcelets de 10 à 15^{kg}, venant d'élevages surveillés. Quoique la température puisse être assez irrégulière, parfois chez le même animal, trois porcelets (1 L, 1 P et 2 P), inoculés dans le péritoine avec 20 à 30^{cm^3} de sang humain virulent, manifestèrent une fièvre nette après 5 à 8 jours d'incubation. Deux d'entre eux furent sacrifiés et le sang se montra virulent (passages positifs à l'homme, au rat et à la souris) de même que le cerveau (passage positif à l'homme).

Chez deux porcelets inoculés dans le péritoine, l'un (2 L) avec le cerveau, l'autre (3 L) avec le sang de 1 L, la courbe thermique fut encore plus nette : température inférieure à 39° pendant 5 jours d'incubation, dépassant 40° et même 41° pendant une première période de 5 jours, puis se maintenant entre 40 et 39° pendant 8 jours, pour revenir de nouveau au-dessous de 39°.

Pendant tout ce temps et en particulier au cours de la phase hyperpyrétique, les animaux perdirent un peu l'appétit, présentèrent de la diarrhée, un peu de toux. Pas d'autre symptôme, en particulier aucune attitude pouvant être mise sur le compte d'une atteinte encéphalitique.

La réceptivité du porc confirme les présomptions formulées sur le rôle essentiel de cet animal dans l'étiologie de la maladie des porchers; la pauvreté des symptômes relevés chez nos porcelets malgré une observation attentive explique que passe souvent inaperçue l'épizootie cause d'un cas humain.

Singe. — Le singe (*Macacus rhesus*) paraît moins réceptif que l'homme.

---

(1) Séance du 3 novembre 1936.

(2) *Comptes rendus*, **203**, 1936, p. 830.

Inoculé dans le péritoine avec 20^{cm^3} de sang de malade, le Rh. 16 fait au bout de 6 jours une fièvre de 40°, tandis que le Rh. 17, inoculé à la fois dans le péritoine et dans le cerveau, manifeste à peine un peu de fièvre le 10° jour et que le Rh. 18, inoculé avec 5^{cm^3} de sang de Rh., ne présente pas de maladie apparente.

Chat. — Les chats 1 et 2, inoculés chacun dans le péritoine avec 10^{cm^3} de sang d'un malade, atteignent ou dépassent 40° après 6-8 jours d'incubation. Le chat 1 est sacrifié le 2° jour de la fièvre (41°); son sang est virulent en injection péritonéale (2^{cm^3},5) pour les chats 3 et 4, tandis que le cerveau ne donne qu'un résultat douteux chez le chat 5.

Furet. — Le furet, si sensible à certains virus, réagit au nôtre. Le furet 1 reçoit 5^{cm^3} de sang de malade dans le péritoine. Fièvre à 40° le 7° jour, atteignant 41° le 11° jour. L'animal est sacrifié et un nouveau passage réalisé chez le furet 2 par injection péritonéale de sang et d'un fragment de rate. Le sang du furet 1 est également virulent pour le rat.

Rat. — Le rat blanc semble être l'animal le plus commode pour l'étude au laboratoire du virus de la maladie des porchers.

Si l'on néglige une première élévation thermique précoce, probablement due à la masse d'albumines hétérogènes injectée, on constate qu'après inoculation dans le péritoine de sang de malade ou d'un animal infecté, et incubation de 6 à 9 jours, la température oscille entre 38 et 39°, parfois 39°,5 pendant 3, 4 ou 5 jours; revenue à la normale, elle peut ensuite remonter à plusieurs reprises pendant un à plusieurs jours, si bien que la fièvre peut être plus élevée à la fin de la deuxième semaine de la maladie qu'au début de celle-ci.

A noter qu'après inoculation péritonéale chez le rat mâle, on ne peut mettre en évidence de Rickettsies au niveau des vaginales.

Après inoculations intracérébrales, l'incubation est restreinte à 4, 5 ou 6 jours et la température dépasse un peu plus souvent 39° qu'après l'inoculation péritonéale.

Le sang, le cerveau, la rate peuvent être utilisés pour obtenir de nouveaux passages.

Souris. — Nos premiers essais sur ces animaux furent malheureux par suite d'infections secondaires microbiennes.

Plus facilement qu'avec du sang de malade, nous avons obtenu une infection fébrile nette (incubation 4 à 8 jours), en injectant par voie péritonéale 0^{cm^3},5 de sang du porcelet 1 P.

Lapin — Le lapin, inoculé avec le sang de malade dans le péritoine (10^{cm^3}),

sous la conjonctive (1^{cm^3}) ou dans le cerveau ($0^{cm^3},4$), présente assez régulièrement, du 7e au 9e jour, une élévation thermique de 0°,5 à 1° pendant 24 à 48 heures. Le fait est évident lorsque l'on compare les courbes d'une série de lapins ainsi traités; mais la modification thermique est insuffisante pour accepter le lapin comme réactif de notre virus.

Cobaye. — A plus forte raison doit-on écarter au moins provisoirement le cobaye, chez lequel on ne peut vraiment déceler une élévation notable après inoculation péritonéale ou cérébrale de sang de malade.

L'examen histo-pathologique des organes, en particulier de la rate, du foie, de l'intestin, des poumons et du cerveau, a montré chez toutes les espèces animales qui ont réagi, des lésions extrêmement semblables. Le détail en sera publié avec la collaboration de M. Bablet.

En somme, la réceptivité du cobaye est nulle ou très faible, celle du lapin et surtout de la souris plus certaine. Le porc, le chat, le furet et surtout le rat sont beaucoup plus sensibles. Aucun de nos animaux n'est cependant mort de la maladie qui lui avait été transmise et, sauf chez le porc, l'infection ne s'est jamais manifestée que par de la fièvre.

A 15h20m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 15h40m.

E. P.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de septembre 1936.

Reichsamt für Wetterdienst. *Die Verteilung der Niederschlage in Deutschland im mai* 1936. Berlin, Gisaldruck D. lith. Anst. V. Bogdan Gisevius, 1936; 1 planche de 125^{cm}.

Institut international du froid. *L'industrie des très basses températures et des gaz rares*, par le professeur E. Mathias. Paris, office central de l'Institut, 1936; 1 fasc. 24^{cm}.

ERRATA.

(Séance du 26 octobre 1936.)

Note de MM. *Henri Moureu* et *Maurice Dodé*, Remarques relatives au mécanisme de formation des monochlorhydrines de glycols :

Page 802, ligne 10, *au lieu de* mécanisme (a), *lire* mécanisme (A); ligne 14, *au lieu de* processus (b), *lire* processus (B).

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 16 NOVEMBRE 1936.

PRÉSIDENCE DE M. JEAN PERRIN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie le décès de M. **Edoardo Perroncito**, Correspondant pour la Section d'Économie rurale, survenu le 4 novembre 1936, et celui de M. **Gustave Binger**, Correspondant pour la Section de Géographie et Navigation, survenu le 10 novembre 1936, à l'Isle-Adam.

Notice sur Sir Arnold Theiler, par M. **Emmanuel Leclainche**.

Arnold Theiler est né à Frick, dans le canton suisse d'Argovie, le 26 mars 1867; il est docteur en médecine vétérinaire à Berne, en 1889. L'étude de la biologie pure le séduit; mais sa débordante activité s'accommode mal de la vie paisible de l'Université et il part pour le Transvaal avec la pensée d'y exercer la médecine des animaux, livrée aux pratiques empiriques des Boers. Il est assez mal accueilli. Pour vivre, il doit travailler dans les fermes et il perd une main, broyée dans une machine à battre le blé. Son admirable énergie ne l'abandonne point. Il reste dans le pays et des circonstances heureuses secondent sa résolution. Une épizootie de clavelée nécessite la préparation d'un vaccin et les autorités médicales du Witwatersrand acceptent ses services. Il combat avec succès une épidémie de morve à Pretoria. Le président Krüger lui donne sa confiance et les Boers, dont il a appris à connaître la langue et les mœurs, lui accordent droit de cité. Il leur rend des services inestimables pendant la guerre du Transvaal en assurant la protection de leur cavalerie, alors que leurs adversaires perdent par dizaines de milliers les chevaux importés.

Enfin maîtres du pays, les Anglais confient à Theiler l'étude des mala-

dies locales des animaux. Avec David Bruce et Jules Bordet, en mission dans l'Afrique australe, Theiler s'est initié aux techniques de la parasitologie et de la microbiologie.

A Daspoort, puis dans les magnifiques laboratoires édifiés à Onderstepoort, Theiler réalise une série ininterrompue d'importants travaux. Il identifie un nouveau genre d'hématozoaires endoglobulaires, les *Theileria*, qui causent une maladie épizootique du bétail, la *fièvre de la côte orientale*. Il étudie les tiques vectrices des hématozoaires : piroplasmes et spirochètes, leur évolution, leurs mœurs et les modalités de leur rôle dans la transmission des maladies. La découverte d'un procédé de vaccination contre la *horse-sickness* permet d'utiliser les équidés, et surtout le mulet, en des régions qui leur étaient interdites jusque-là. Il obtient aussi un vaccin contre la *blue tongue* du mouton et il précise l'étiologie d'une rickettsiose africaine, la *heart water* du bétail. Toute la pathologie, si variée, de l'Afrique australe est étudiée par Theiler : la *gall-sickness* et les spirilloses des bovins, le charbon symptomatique, la péripneumonie contagieuse, le charbon des autruches, les maladies parasitaires du mouton et de l'autruche, la filariose des poules, les intoxications par les végétaux.

Theiler développe toute l'ingéniosité de son esprit dans l'étude d'une maladie très répandue des herbivores domestiques, la *lamziekte*, exprimée par des paralysies locales et souvent terminée par la mort. Il établit qu'elle est liée non à une avitaminose, comme on le suppose *a priori*, mais à la fois à une carence alimentaire et à une infection superposée. La terre du veld sud-africain manque de phosphore et des accidents de rachitisme sont observés, que l'on peut éviter par un régime approprié ou par l'amendement du sol avec les superphosphates. D'autre part, les animaux en pâture se procurent instinctivement le phosphore en ingérant les os des cadavres abandonnés. Or ces débris renferment souvent une toxine extrêmement active qui provoque les accidents bien connus du botulisme. L'étiologie de la *lamziekte* est expliquée, et aussi celle des accidents de même nature observés dans tous les pays du monde et chez la plupart des espèces animales.

Ces recherches conduisent Theiler à l'étude systématique des lésions osseuses, liées surtout au déséquilibre de la relation calcium-phosphore, et il publie une série de remarquables travaux.

L'œuvre de Theiler est aussi riche que diverse; elle intéresse tous les domaines de la pathologie et sa portée scientifique n'a d'égale que son importance économique.

Le rôle de Theiler ne s'est point borné à la recherche. Il obtient, en 1919, la création à Pretoria d'une Faculté de médecine vétérinaire, qui est affiliée à l'Université de l'Afrique du Sud. Theiler en est le premier Doyen. Les laboratoires d'Onderstepoort deviennent un centre d'investigation et d'enseignement unique au monde pour l'étude des maladie tropicales. Ils continuent aujourd'hui, avec un personnel d'élite, l'œuvre de leur éminent fondateur.

La puissante personnalité de Theiler se dissimulait sous la simplicité de sa tenue et de son accueil. Son érudition était prodigieuse. Il parlait indifféremment six langues et autant de dialectes. Ses écrits en allemand, en français ou en anglais ont la même correction et la même précision.

Au cours d'une carrière brillante entre toutes, Theiler avait reçu tous les honneurs et toutes les distinctions. Il appartenait depuis 1933 à la Section d'Économie rurale de l'Académie.

Arnold Theiler est mort subitement, à Londres, le 24 juillet 1936.

Notice sur EDOARDO PERRONCITO, par M. **EMMANUEL LECLAINCHE**.

L'Académie vient de perdre, en la personne d'**EDOARDO PERRONCITO**, l'un de ses plus anciens Correspondants étrangers.

Né à Viale d'Asti, Piémont, le 1er mars 1847, Perroncito enseigne d'abord à l'École vétérinaire de Turin. Ses premiers travaux portent sur la parasitologie et il réalise dans ce domaine, alors peu exploré, d'importantes découvertes. Ses recherches sur la résistance des diverses formes parasitaires aux agents naturels et aux désinfectants comportent des applications nombreuses et immédiates à la prophylaxie des infestations humaines et animales.

Ses travaux sur la culture des vers à soie et sur leurs maladies le mettent en relation avec Pasteur, et il s'initie aux techniques bactériologiques naissantes. Il voit et figure la très fine bactérie du choléra des poules, sans toutefois réaliser son isolement et sa culture; il décrit aussi, dans les tumeurs des bovins, les champignons actinomycètes dont Harz et Bollinger détermineront un peu plus tard le rôle pathogène. Il poursuit en même temps l'étude expérimentale de la tuberculose et il démontre, après Chauveau et Gerlach, les relations étiologiques de la maladie chez l'homme et chez les animaux.

En 1878, Perroncito est agrégé de parasitologie à la Faculté de Médecine

de Turin. Il est ainsi conduit à étudier une dysenterie qui sévit chez les mineurs employés au percement du Saint-Gothard. La maladie atteint presque tous les travailleurs; les hémorragies intestinales provoquées déterminent une anémie grave et souvent mortelle. Perroncito montre que les accidents sont dus à la présence dans l'intestin d'un ver armé qui déchire la muqueuse, l'ankylostome duodénal. Ses conclusions sont discutées et violemment combattues. Il apporte une démonstration indirecte, mais convaincante, en formulant les règles hygiéniques très simples qui permettent d'éviter l'infestation par les œufs des parasites.

Perroncito établit ensuite que les anémies des houillères ont la même origine que celle du Saint-Gothard. Il poursuit ses recherches et ses démonstrations à Saint-Étienne et à Valenciennes, tandis que l'ankylostome est retrouvé en Belgique, en Angleterre, etc., et dans toutes les parties du monde. Le percement du Simplon apporte une consécration nouvelle; les méthodes de Perroncito sont appliquées et aucun cas d'anémie n'est observé. Des milliers d'hommes sont préservés de la maladie et de la mort.

La découverte a un retentissement qu'expliquent à la fois son importance et son originalité. Chargé de cours à la Faculté de Médecine de Turin en 1884, Perroncito est titulaire d'une chaire en 1888. On comprend mieux l'importance de la parasitologie dans l'enseignement médical et des chaires sont créées dans tous les pays.

Le nom de Perroncito ne doit pas rester exclusivement attaché à la prophylaxie de l'anémie des mineurs. Son œuvre est très étendue et sa notoriété lui permet d'heureuses initiatives : il fut en Italie l'apôtre des vaccinations pasteuriennes et on lui doit d'utiles créations pour l'étude des vers à soie et des abeilles.

Très apprécié hors de son pays, Perroncito reçut de partout des honneurs auxquels il était très sensible. Il appartenait, depuis 1911, à notre Section d'Économie rurale; en 1931, l'Académie lui accordait un témoignage exceptionnel d'estime en lui attribuant une médaille d'or Montyon.

Perroncito est mort le 4 novembre 1936, à l'âge de 90 ans. L'Académie adresse à sa famille l'hommage de ses regrets et de sa sympathie.

ZOOLOGIE. — *Le test des Lamellibranches : sa formation dans l'*Ostrea edulis. Note de M. **Henri Douvillé**.

La composition du test des Lamellibranches a été l'objet de nombreux travaux; je citerai notamment ceux de Carpenter (1845), Rose 1859), Tullberg (1881), Moynier de Villepoix (1893), Cayeux (1916), Haas (1935). On sait que la coquille est formée de couches externes dites prismatiques et de couches internes lamelleuses, feuilletées. Elle est en outre recouverte d'une couche épidermique de nature organique, brune et de texture plus ou moins feutrée, c'est le drap marin ou *periostracum*. Il se recourbe au bord de la coquille et vient s'insérer dans un sillon du manteau, où il prend naissance.

Il se forme ainsi une sorte de poche qui, au moment de la croissance, se remplit d'un mucus, chargé de sels de calcium, et c'est dans cette pseudo-solution colloïdale que se dépose la couche externe.

Dans les Aviculidés (*Pinna*, Inocérames) on voit s'y former des grains de carbonate de chaux qui se développent peu à peu, en refoulant la matière organique et forment un réseau, en mailles d'abord arrondies, puis polygonales, correspondant chacune à un cristal de calcite.

En réalité les couches externes présentent dans le cas général des structures très variées : dans les *Cardium* ce sont, comme l'a fait voir Cayeux, des faisceaux de lamelles; dans les *Mytilus*, Tullberg les signale comme formées de fines aiguilles. Par contre la structure que Cayeux a nommée « celluloprismatique » a une origine tout à fait différente, comme nous le verrons plus tard.

Les couches internes sont normalement constituées par de fines lamelles, couchées parallèlement à la couche et régulièrement superposées; elles sont réunies par de très minces membranes de conchyoline. Mais à côté de feuillets de cette nature on en observe souvent d'autres d'une nature différente, régulièrement intercalés. Cayeux en figure dans les genres *Cardita*, *Pectunculus*, *Corbis*, comme formés de lamelles dressées ou à structure entrecroisée; ils sont intimement liés aux feuillets lamelleux normaux et ne peuvent en être séparés; au même titre que ceux-ci, ils doivent être considérés comme des couches internes. Nous verrons que cette attribution est confirmée par leur mode de formation.

La proportion de ces deux sortes de feuillets est du reste très variable : tantôt les feuillets à texture parallèle forment toute la masse, ce qui est le

cas dans les couches nacrées, avec leurs lamelles finement plissées, tantôt au contraire ce sont des feuillets à texture entrecroisée qui dominent, les feuillets lamelleux se trouvant réduits à des lames d'accroissement de faible épaisseur.

On voit que c'est seulement dans le cas des Aviculidés que les couches externes et internes ont des structures nettement différentes. Le plus souvent, les unes et les autres sont formées de lamelles, mais diversement orientées, et il n'existe pas de caractère distinctif général.

Le dépôt de ces deux sortes de couches s'est en réalité effectué dans des conditions semblables, dans la pseudo-solution colloïdale de mucus, sécrété par le manteau; les couches internes se sont déposées sur toute la surface de celui-ci et les couches externes seulement sur son bord, à l'abri du périostracum et dans le voisinage du milieu extérieur; les unes et les autres sont toujours nettement séparées. Nous aurons à examiner les modifications qui se produisent quand le périostracum fait défaut, ce qui est le cas des Huîtres et de certains Rudistes; les couches externes proprement dites ne pourront alors se former.

Ostréidés. — J'ai donné en 1907 une coupe de l'*Ostrea edulis*, montrant que la coquille était principalement formée par les couches internes lamelleuses, transparentes; chacun de ces feuillets occupe toute la surface et peut être suivi jusqu'au bord. Ils ne sont pas toujours régulièrement superposés et laissent parfois entre eux des lacunes : celles-ci vides dans la partie centrale constituent ce qu'on appelle les « chambres à eau ». En dehors du muscle, dans la région où se développe le réseau nerveux, elles sont remplies par une matière tendre, d'aspect crayeux, la *couche blanche*, qui se trouve ainsi intimement associée à la couche transparente; c'est cet ensemble qui constitue les couches internes.

La couche transparente à la structure lamelleuse habituelle; elle est formée de minces lamelles couchées et régulièrement superposées; la couche blanche est également formée de fines lamelles, mais elles sont dressées et à structure entrecroisée; en lame mince, elles se distinguent par les nombreuses impuretés qu'elles renferment, tandis que les couches transparentes sont toujours limpides. Cette association est tout à fait semblable à celle que Cayeux a signalé comme formant les couches internes dans un certain nombre de genres, comme nous l'avons vu.

La couche blanche est donc bien une couche interne, et non une couche externe, comme nous l'avions pensé précédemment, par suite d'une confusion faite entre le redressement des lamelles et la structure prismatique.

Bien que cette couche soit de faible dureté, qu'elle puisse même se couper au couteau, elle renferme cependant autant de calcaire que la couche transparente, 88 pour 100 d'après une analyse citée par Rose, et même 95 pour 100 d'après une analyse que notre Confrère M. Delépine a bien voulu faire récemment.

L'examen en lames minces de ces divers éléments m'a fait voir l'existence d'une lame remarquable par sa cristallinité, au contact de la couche blanche et de la couche transparente : elle s'écrase facilement et se résout alors en petits rhomboèdres de calcite qui s'allongent souvent en formant de petits prismes couchés; j'en ai mesuré qui avaient 25^{μ} de longueur sur 3^{μ} de diamètre. Ils sont ordinairement marqués sur les préparations par une succession de lignes parallèles, mais plus généralement la structure cristalline de la couche est indiquée par un réseau de cassures irrégulières.

Sur les bords de la valve supérieure on distingue une bande brune formée d'écailles superposées, indépendantes les unes des autres et fixées seulement par leur bord interne. Une coupe transverse montre qu'elles sont le prolongement des couches internes lamelleuses; on peut les détacher facilement et elles entraînent souvent alors un lambeau de la couche transparente qu'elles prolongent.

Ces écailles sont minces; j'en ai mesuré qui avaient seulement $0^{mm},2$ d'épaisseur, mais leur largeur peut atteindre 15^{mm}. Leur surface interne luisante présente un réseau polygonal à mailles d'environ 30^{μ}; ce réseau a déjà été signalé et figuré par Tullberg; sur la surface externe plus terne, on distingue un réseau analogue mais plus fin et une coupe mince oblique montre de ce côté une lame cristalline de même composition que la couche cristalline que je viens de décrire. J'ai pu l'isoler sur une huître pêchée à Roscoff par le professeur Pérez à la fin d'août, immédiatement après le frai : c'est une très mince pellicule de quelques μ d'épaisseur qui, en lumière polarisée, présente la mosaïque caractéristique. Cette texture cristalline se prolonge dans toute l'épaisseur de l'écaille, les mailles atteignant progressivement les dimensions du réseau de la surface interne.

La couche brune n'existe pas normalement sur la valve inférieure, je l'y ai vu cependant apparaître sporadiquement sur des traumatismes. Elle renferme une proportion notable 4,8 pour 100 d'une matière albuminoïde (à 0,8 pour 100 d'azote) d'après une analyse récente du professeur Delépine, avec 88,4 pour 100 de calcaire; il faudrait ajouter 1,25 d'eau après dessiccation à 160° et 3,1 de matières insolubles dans l'acide chlorhydrique.

Cette couche brune est la *zellenlage* de Rose; malgré sa formation au bord

du manteau on ne peut la considérer comme une couche externe, puisqu'elle n'est en réalité que le prolongement des couches subnacrées internes, celles-ci intimement associées à la couche blanche (erdige de Rose). J'ai signalé en outre la *couche cristalline*, dont les rhomboèdres de calcite ont été figurés par Carpenter et Rose, mais encore isolés dans la matière organique.

Dans quel ordre ces différents éléments ont-ils pris naissance? On sait que dans le développement de l'*O. edulis* on distingue une période de repos (mois avec R), pendant laquelle le manteau dépose sur toute la surface de la coquille les feuillets successifs de la couche interne transparente, et une période d'activité (mois sans R) consacrée à la reproduction; c'est pendant cette période que se forme la couche blanche avec des intercalations de feuillets lamelleux. Nous avons vu, dans les échantillons pêchés à la fin de cette période par M. Pérez, la couche blanche se recouvrir d'une très mince pellicule, c'est la couche cristalline, premier feuillet d'une couche interne lamelleuse. Il sera recouvert progressivement par de nouveaux feuillets, et ainsi sera formée la couche transparente, prolongée sur le bord de la coquille par les écailles brunes.

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre du Commerce et de l'Industrie** invite l'Académie à désigner un de ses membres qui fera partie du *Comité supérieur de normalisation*, en remplacement de M. *H. Le Chatelier*, décédé.

M. **Léon Guillet** adresse un Rapport relatif à l'emploi de la subvention qui lui a été accordée en 1935 sur le *Fonds Loutreuil*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Mlle Aimée Camus. *Les Chênes*. Atlas. Tome II. *Sous-genre* Euquercus. (Présenté par M. L. Blaringhem.)

Mme **P. Ramart-Lucas** prie l'Académie de vouloir bien la compter au nombre des candidats à la place vacante dans la Section de Chimie par le décès de M. *H. Le Chatelier*.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Extension logistique de la formule de mortalité de Makeham.* Note [1] de M. CHARLES GOLDZIHER, présentée par M. Émile Borel.

La fonction de survie *makehamienne*

$$l(x) = ke^{-ax - \frac{b}{\gamma}e^{\gamma x}},$$

correspondante à la fonction d'intensité de premier ordre (intensité de mortalité)

$$\mu_1(x) \equiv \mu(x) = -\frac{1}{l(x)} \cdot \frac{dl(x)}{dx} = a + be^{\gamma x} \qquad (a, b, \gamma > 0),$$

possède deux points d'inflexion distincts avec des abscisses significatives : x_1 et x_2 qui représentent les âges, pour lesquels la distribution des décès sur les âges prend ses valeurs extrêmes primaires. Il est en outre significatif que les fonctions d'intensité des ordres supérieurs, construites par itération, ont un caractère *logistique*, dans le sens de *Verhulst-Pearl* [2]. On a, pour $k > 1$,

$$\mu_{2k}(x) = -\mu_2(x) = \frac{1}{\mu(x)} \cdot \frac{d\mu(x)}{dx} = \frac{\gamma b}{b + ae^{-\gamma x}},$$

$$\mu_{2k+1}(x) = \mu_3(x) = -\frac{1}{\mu_2(x)} \cdot \frac{d\mu_2(x)}{dx} = \frac{a\gamma}{a + be^{\gamma x}},$$

$$[\mu_{2k}(x) - \mu_{2k+1}(x) = \gamma].$$

Ces fonctions, monotones et bornées à l'infini (tandis que $\mu(x)$ devient infini), sont liées analytiquement par la position rigide et symétrique de l'abscisse commune [3] de leurs points d'inflexion

$$\xi = \frac{x_1 + x_2}{2}.$$

Une des extensions possibles de la formule de Makeham consiste dans

---

(1) Séance du 9 novembre 1936.

(2) La fonction logistique, qui est l'expression la plus simple et la plus plausible des variations évolutives bornées, pour des arguments assez grands, joue de plus en plus un rôle important dans les théories biométriques, économiques et démographiques. C'est aussi le caractère fonctionnel de la formule *Fermi-Dirac* pour la répartition atomistique.

(3) *Das Versicherungsarchiv*, **4**, 1, 1933, p. 24-32 et E. J. GUMBEL, *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 592.

l'induction d'un paramètre ρ par lequel on transforme la loi analytique en une représentation statistique, moins rigide, et plus conforme aux réalités empiriques dans l'intervalle x_1 à x_2.

Notre procédé est fondé sur une extension analogue de la formule logistique originale [1], qui peut être interprétée comme une formule d'interpolation statistique par *la moyenne harmonique*, avec des poids exponentiels. En introduisant ce paramètre ρ, on définit alors la formule *logistique généralisée* en forme d'une interpolation statistique par *la moyenne de puissance d'ordre* ρ, avec des poids exponentiels. Ce paramètre dissout la rigidité du point d'inflexion. Les tendances mobiles des cas donnés peuvent être caractérisées par ses spécialisations empiriques, la rigidité ne subsistant que dans le cas harmonique $\rho = -1$.

En écrivant $y(x) = -\mu_2(x)$, on a de cette manière pour la formule makehamienne

$$y(x) = [(1 + e^{-\gamma x})y_\infty^\rho + e^{-\gamma x}y_0^\rho]^{\frac{1}{\rho}},$$

et l'on trouve pour les coordonnées du point d'inflexion

$$\xi = \frac{1}{\gamma}\operatorname{Log}\frac{y_\infty^\rho - y_0^\rho}{\rho y_\infty^\rho}, \qquad \eta = y_\infty(1-\rho)^{\frac{1}{\rho}}.$$

Une pareille extension définit alors pour le coefficient instantané de mortalité l'expression suivante :

$$\operatorname{Log}\mu(x) = \gamma^2\left[\operatorname{Log} z + \sum_1 \binom{\frac{1}{\rho}}{k}\frac{z^k}{k}\right],$$

dans laquelle

$$z = \left[\left(\frac{b}{a+b}\right)^\rho - 1\right]e^{-\gamma k}.$$

Il est nécessaire pour la réalité de l'extension que $\rho < 0$, et il suit des considérations de convergence que la forme généralisée d'une des relations [2] connues entre les constantes makehamiennes

$$b < a < \frac{\gamma}{2}$$

---

(1) Voir, pour les détails, *Giornale dell'Istituto Italiano degli Attuari*, 4, 1933, p. 530-561.

(2) Voir *Das Versicherungsarchiv*, 7, II, 1936, p. 97-110 et E. J. GUMBEL, *Annales de l'Université de Lyon*, 3e série, A, 1936, p. 48-68.

est la suivante

$$b \leqq \frac{a\sqrt[\rho]{2}}{1-\sqrt[\rho]{2}} < \frac{\gamma}{2}.$$

Par la spécialisation du paramètre ρ on peut établir une systématique des diverses formules makehamiennes; $\rho = -1$ conduit à la formule originale. Pour la limite $\rho \to 0$ le logarithme de l'intensité de mortalité s'exprime sous la forme d'un *logarithme intégral* et la fonction d'intensité du second ordre est du type *gompertzien*. Ce type limite joue un rôle essentiel dans le calcul des fluctuations séculaires bornées, économiques et démographiques; on pourrait l'appeler le type *logistique-géométrique*.

On peut trouver encore d'autres rapports logistiques de la formule de Makeham. Prenant par exemple pour l'intensité de mortalité même la forme logistique généralisée, telle qu'elle devienne bornée pour des âges assez grands, on arrive à une fonction de survie avec *un* point d'inflexion. En choisissant le paramètre ρ de sorte que l'abscisse de cette inflexion soit égalée à un âge supérieur à l'âge normal empirique, on trouverait pour la dernière branche de la table de mortalité une correction possible des taux analytiquement ajustés.

GÉOMÉTRIE PROJECTIVE DIFFÉRENTIELLE. — *Surfaces dont les asymptotiques de l'un ou l'autre système appartiennent à des complexes linéaires.* Note de M. **Bertrand Gambier**.

1. Ces surfaces se partagent en trois classes : j'ai retrouvé la première par une méthode intuitive [1], qui échoue pour les deux dernières; mais une méthode empruntée à un travail inédit de M. Finikoff les fait découvrir, avec toute une série de propriétés géométriques.

2. Les quadriques de Lie, attachées aux points M d'une surface (S) *quelconque*, ont huit points caractéristiques, dont quatre sont confondus avec M; chacun des autres, M_1, M_2, M_3, M_4, engendre une nappe de l'enveloppe de ces quadriques, et nous pouvons définir les surfaces *particulières* (S′) pour lesquelles les asymptotiques de (M_1) correspondent à celles de (S′); une classe, plus spéciale encore, (S″), comprend celles pour lesquelles M_1 est *fixe*. Or, pour les surfaces de la seconde classe du n° 1,

(1) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 700.

deux points caractéristiques M_1, M_2 sont fixes et pour la troisième classe, les quatre points M_1, M_2, M_3, M_4 coïncident avec un même point fixe, de sorte que la recherche des surfaces (S'') conduit, comme cas particulier, à la découverte des deux classes annoncées.

3. La surface générale de la seconde classe peut être définie par les formules

$$(M) \qquad U'+V'-U-V; \quad e^{-(u+v)}[U'+V'+U+V]; \quad e^{-u}; \quad e^{-v}$$

donnant, par rapport à un tétraèdre fixe, les cordonnées d'un point de la surface rapportée à ses asymptotiques : U est fonction de u seul et V de v seul. *La première directrice de Wilczynski* joint le point M au point $[1; -e^{-(u+v)}; 0; 0]$ qui décrit la droite fixe $\Delta(x_3=x_4=0)$ et contient encore le point $[0; 2e^{-(u+v)}(U+V); e^{-u}; e^{-v}]$. Or le premier de ces deux points ne fait intervenir que u et v, mais non U, V; le second fait intervenir u, v et seulement U′, V′, de sorte qu'en remplaçant U par U + C, où C est constant, nous obtenons ∞^1 *surfaces, du même type, possédant les mêmes directrices premières. La seconde directrice de Wilczynski* contient le point $[1; e^{-(u+v)}; 0; 0]$ qui décrit Δ et le point $[0; 2e^{-(u+v)}(U'-V'); -e^{-u}; e^{-v}]$ de sorte que, pour les raisons déjà données, les ∞^1 *surfaces obtenues ont aussi les mêmes directrices secondes. Les points caractéristiques* de la quadrique de Lie, autres que M, sont les deux *points fixes* (1; 0; 0; 0) et (0; 1; 0; 0) joints par Δ, et les deux points variables $[U''-U'; -e^{-(u+v)}(V''-V'); -e^{-u}; 0]$ et $[V''-V'; -e^{-(u+v)}(U''-U'); 0; -e^{-v}]$ dont chacun décrit un *plan fixe*, issu de Δ. Si l'on considère maintenant le point

$$(N) \qquad U-V-U'+V'; \quad e^{-(u+v)}[U-V+U'-V']; \quad -e^{-u}; \quad e^{-v}$$

obtenu, à partir de M, en changeant U en (— U), puis changeant de signe les coordonnées x_2, x_3, on a une *surface de même nature, dont les directrices sont les mêmes, en ordre inverse*. Augmentant U d'une constante C, V d'une constante C′, on obtient *deux séries* ∞^1, (M), (N) *chaque surface* (M) *étant transformée asymptotique de chaque surface* (N), *les directrices s'échangeant, les quadriques de Lie ayant mêmes enveloppes ponctuelle ou tangentielle.*

La congruence des premières directrices de (M) a pour nappe focale, autre que Δ, la surface

$$-U''-V''+U'+V'; \quad e^{-(u+v)}(U'+V'+U''+V''); \quad e^{-u}; \quad e^{-v}$$

qui est toujours du même type : U, V sont remplacés par U′, V′ et l'on

change de signe x_1. Des formules (M) on passe aussitôt à celles de M. Terracini en posant $p = e^{-u}$, $q = e^{-v}$, $U = -Pe^{u}$, $V = -Qe^{v}$.

4. Les mêmes considérations conduisent à la troisième famille de M. Terracini

$$(a' + b')(u + v) - 2(a + b); \quad a' + b'; \quad u - v; \quad 1.$$

La *première directrice passe au point fixe* (1; 0; 0; 0) et, en augmentant a ou b d'une constante, on a ∞^1 *surfaces du même type, avec mêmes premières et secondes directrices*. La seconde directrice joint les points $(u + v; 1; 0; 0)$ et $(a' - b'; 0; 1; 0)$: *elle est dans le plan fixe* $x_4 = 0$. Les quadriques de Lie d'une même surface passent au point fixe déjà cité, y sont tangentes au plan fixe déjà cité et y sont toutes osculatrices entre elles. Les surfaces de cette troisième classe sont d'ailleurs les surfaces minima affines de M. Blaschke.

GÉOMÉTRIE. — *Surfaces déformables avec transformation des réseaux cinématiquement conjugués en réseaux conjugués.* Note de M. **Paul Vincensini**, présentée par M. Élie Cartan.

1. Soient S, S_1 deux surfaces applicables rapportées à leur réseau conjugué commun (u, v). Les réseaux cinématiquement conjugués sur S, S_1 sont définis par l'involution dont les éléments doubles sont donnés par l'équation

$$(D - D_1)\,du^2 + (D'' - D''_1)\,dv^2 = 0, \tag{1}$$

qui détermine le réseau caractéristique de Voss relatif à S, S_1.

Nous nous posons le problème de la recherche des couples S, S_1, tels qu'il existe une troisième surface Σ, applicable sur S, S_1, l'application transformant les réseaux cinématiquement conjugués de S, S_1 en réseaux conjugués (au sens de Dupin) de Σ.

2. Si Σ répond à la question, les éléments doubles de l'involution des directions cinématiquement conjuguées sur S, S_1 et de l'involution des directions conjuguées sur Σ se correspondront (condition nécessaire et suffisante). Au réseau caractéristique de Voss de S, S_1 correspondra donc le réseau asymptotique de Σ. Il en résulte que le réseau coordonné (u, v), conjugué sur S, S_1, l'est aussi sur Σ. Le réseau (u, v), conjugué sur S, S_1, est, comme l'on sait, cinématiquement conjugué sur ces deux surfaces, et son homologue sur Σ est par suite conjugué au sens de Dupin.

(u, v) étant conjugué *à la fois sur trois surfaces applicables distinctes* S,

S_1, Σ, on peut déjà dire que S, S_1, Σ *sont trois configurations particulières d'une surface susceptible d'une déformation continue à un paramètre avec réseau conjugué persistant.*

Nous allons montrer que *tout réseau conjugué persistant livre* ∞^2 *solutions du problème posé* (∞^2 *triples* S, S_1, Σ), *et qu'on obtient ainsi la solution la plus générale.*

3. Soit

$$ds^2 = E\,du^2 + 2F\,du\,dv + G\,dv^2 \tag{2}$$

l'élément linéaire commun à trois surfaces S, S_1, Σ, rapportées au réseau conjugué commun, dont les coefficients des deuxièmes formes fondamentales sont $[D, D'']$, $[D_1, D''_1]$, $[\Delta, \Delta'']$.

Si l'on pose $\delta = D/\sqrt{EG - F^2}$, $\delta'' = D''/\sqrt{EG - F^2}$, les quantités δ, δ'' doivent vérifier, pour les trois surfaces, le système de Gauss-Codazzi

$$\frac{\partial \delta}{\partial v} = -\begin{Bmatrix} 22 \\ 2 \end{Bmatrix}\delta - \begin{Bmatrix} 11 \\ 2 \end{Bmatrix}\delta'', \qquad \frac{\partial \delta''}{\partial u} = -\begin{Bmatrix} 22 \\ 1 \end{Bmatrix}\delta - \begin{Bmatrix} 11 \\ 1 \end{Bmatrix}\delta'', \qquad \delta\delta'' = K, \tag{3}$$

où les symboles { } et la courbure K se rapportent à (2).

En introduisant la fonction auxiliaire $t\left[\delta = \sqrt{K}.t,\ \delta'' = \sqrt{K}.1/t\right]$, les deux premières équations (3) s'écrivent

$$\frac{\partial \log t}{\partial u} = b_1 t^2 + a, \qquad -\frac{\partial \log t}{\partial v} = \frac{b}{t^2} + a_1, \tag{4}$$

où l'on a

$$b = \begin{Bmatrix} 11 \\ 2 \end{Bmatrix}, \qquad b_1 = \begin{Bmatrix} 22 \\ 1 \end{Bmatrix}, \qquad a = \begin{Bmatrix} 11 \\ 1 \end{Bmatrix} + \frac{1}{2}\frac{\partial \log K}{\partial u}, \qquad a_1 = \begin{Bmatrix} 22 \\ 2 \end{Bmatrix} + \frac{1}{2}\frac{\partial \log K}{\partial v}.$$

S, S_1, Σ appartenant à une suite de ∞^1 surfaces à réseau conjugué (u, v) persistant, le système (4) est complètement intégrable et S, S_1, Σ correspondent à trois de ses solutions t, t_1, τ. On a d'ailleurs

$$t = \alpha\tau, \qquad t_1 = \alpha_1\tau \qquad (\alpha, \alpha_1 = \text{const.}).$$

Pour exprimer que S, S_1, Σ fournissent une solution du problème étudié, il suffit d'exprimer (voir n° 2) que le réseau caractéristique de Voss de S, S_1 correspond au réseau asymptotique de Σ, c'est-à-dire que l'on a

$$\frac{D - D_1}{\Delta} = \frac{D'' - D''_1}{\Delta''}. \tag{5}$$

Si l'on tient compte des expressions de δ, δ'', (5) se ramène à $\tau^2 = tt_1 = 0$,

soit, en remplaçant t par $\alpha.\tau$ et t_1 par $\alpha_1.\tau$,

$$\tau^2(1+\alpha\alpha_1)=0, \tag{6}$$

d'où l'on déduit $\alpha\alpha_1=-1$.

On voit que l'on obtient la solution la plus générale du problème étudié en se donnant un réseau conjugué persistant quelconque, en choisissant arbitrairement Σ parmi les ∞^1 surfaces supports des réseaux déformés [la fonction τ définissant Σ est une solution arbitraire du système (4) relatif à la déformation continue envisagée], et en adjoignant à Σ les surfaces S, S_1 définies par $t=\alpha.\tau$, $t_1=-1/\alpha.\tau$ (où α est une constante arbitraire).

Chaque réseau conjugué persistant donne ∞^2 triples de surfaces associées fournissant des solutions du problème.

Il est clair d'ailleurs que, si l'on se donne arbitrairement S dans la suite des ∞^1 supports des différentes positions d'un réseau conjugué persistant, on pourra lui associer ∞^1 couples de surfaces S_1, Σ (l'une des surfaces étant choisie arbitrairement dans la suite précédente). *Toute surface support d'un réseau conjugué persistant est donc susceptible de ∞^1 déformations transformant les réseaux cinématiquement conjugués qu'elle admet avec l'une de ses déformées en réseaux conjugués au sens de Dupin.*

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les dérivées des fractions rationnelles.* Note de M. **Jean Dieudonné.**

1. Étant donné deux polynomes $P(z)$, $Q(z)$ premiers entre eux, les zéros de $d^m/dz^m(P/Q)$ sont ceux du polynome

$$\Phi(P,\,Q,\,m)=Q^{m+1}\frac{d^m}{dz^m}\left(\frac{P}{Q}\right)\equiv\begin{vmatrix} P & Q & 0 & 0 & \dots & 0 \\ P' & Q' & Q & 0 & \dots & 0 \\ P'' & Q'' & 2Q' & Q & \dots & 0 \\ \cdot\cdot & \cdot\cdot & \cdots & \cdot & \cdots & \cdot \\ P^{(m)} & Q^{(m)} & C_m^1 Q^{(m-1)} & & \dots & C_m^{m-1}Q' \end{vmatrix}. \tag{1}$$

Si Q est de degré n, P de degré $n+m-1$ au plus, Φ est de degré *au plus égal* à $(m+1)(n-1)$, et en général *égal* à cette valeur.

Par extension, si P et Q sont deux polynomes quelconques (premiers entre eux ou non) de degrés respectifs au plus égaux à $n+m-1$ et n, on convient de considérer les zéros du polynome $\Phi(P, Q, m)$ défini par (1) comme les zéros de la dérivée $m^{\text{ième}}$ de la fraction rationnelle P/Q *de type* (n, m). De plus, si P, et Q ou Φ est de degré inférieur à $n+m-1$, n ou

$(m+1)(n-1)$ respectivement, on convient de dire que ce polynome a un zéro multiple au point à l'infini, d'ordre égal à la différence du degré théorique et du degré réel.

Avec ces conventions on montre sans peine que, *si l'on effectue une même transformation homographique* T *sur les zéros de* P *et de* Q, *et si* P_1 *et* Q' *sont les polynomes ayant pour zéros respectifs les transformés de ces points, les zéros de* $\Phi(P_1, Q_1, m)$ *sont les transformés par* T *des zéros de* $\Phi(P, Q, m)$.

2. Soient D et Δ deux ensembles fermés non identiques au plan tout entier, p et q deux entiers tels que $0 \leqq p \leqq n+m-1$, $0 \leqq q \leqq n$; $C(p, q, D, \Delta)$ la classe des fractions P/Q de type (n, m) pour lesquelles P a p zéros au moins dans D, et Q a q zéros au moins dans Δ. Soit enfin $\rho(p, q, D, \Delta)$ *la valeur maxima de l'entier* r *tel qu'il existe un ensemble* E *non identique au plan tout entier et contenant au moins* r *zéros de* $\Phi(P, Q, m)$ *pour toute fraction de la classe* C. On a les résultats suivants :

A. Si $p \leqq m$, $q=0$, $\rho=0$.

B. Si $p \leqq m$, $q>0$, $\rho=m(q-1)$.

C. Si $p>m$, $q=0$, $\rho=p-m$.

D. Si $p>m$ et si D et Δ sont réduits à un seul et même point,

$$\rho=m(q-1)+p \qquad \text{pour} \quad 0 \leqq q<p-m \text{ et } q>p,$$
$$\rho=(m+1)q \qquad \text{pour} \quad p-m \leqq q \leqq p.$$

E. Si la réunion de D et Δ est identique au plan tout entier,

$$\rho=\operatorname{Max}[m(q-1), p-m].$$

F. Dans tout autre cas, on a

$$\rho_1 \leqq \rho \leqq \rho_2$$

avec, si $m>1$,

$$\rho_1=\rho_2=m(q-1)+p \qquad \text{pour} \quad 0 \leqq q \leqq \left(1-\frac{1}{m}\right)(p-m);$$
$$\rho_1=m(p-m), \qquad \rho_2=m(q-1)+p \qquad \text{pour} \quad \left(1-\frac{1}{m}\right)(p-m)<q<p-m;$$
$$\rho_1=m(p-m), \qquad \rho_2=(m+1)(p-m)-1 \qquad \text{pour} \quad q=p-m;$$
$$\rho_1=m(q-1), \qquad \rho_2=m(q-1)+p-m \qquad \text{pour} \quad q>p-m$$

et, si $m=1$,

$$\rho_1=\operatorname{Max}(p-1, q-1), \qquad \rho_2=p+q-2.$$

On a $\rho=\rho_1$ *si l'intersection de* D *et* Δ *contient un ensemble ouvert*. On a $\rho=\rho_2$ *s'il existe deux domaines circulaires* D_1, Δ_1, *contenant respectivement* D *et* Δ, *et pouvant être transformés homographiquement en l'intérieur*

d'un cercle de rayon R *et l'extérieur d'un cercle concentrique de rayon* R', *avec* $R'/R > L_0 \geqq 1$, L_0 étant une constante ne dépendant que de p, q, n, m.

Ces conditions sont *suffisantes*, mais *non nécessaires* en général (la seconde est *nécessaire* si D et Δ sont des *domaines circulaires*).

On peut montrer que, pour $q > (1 - 1/m)(p - m)$, on a $L_0 > 1$ sauf peut-être dans les cas suivants :

(*a*) $m > 2, \quad p > 2m + 3 + \dfrac{6}{m-2}, \quad q \leqq p - m - 1 - \dfrac{3}{m-2}$;

(*b*) $m = 1, \quad p = q = n$;

(*c*) $m = 1, \quad p = q = 2$.

Dans les cas (*b*) et (*c*) on a d'ailleurs effectivement $L_0 = 1$.

Dans le cas particulier où $m = 2$, $p = n + 1$, $q = n$, *n pair*, on a

$$L_0 = \frac{1 + \sqrt{n+2}}{\sqrt{n+1}}.$$

Les démonstrations paraîtront dans un autre Recueil.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Extension aux prépotentiels du théorème de Kelvin.* Note de M. **Pierre Humbert**, présentée par M. Henri Villat.

Le théorème de Kelvin enseigne que, si $U(x, y, z)$ est solution de l'équation de Laplace $\Delta U = 0$, une autre solution est donnée par la fonction

$$r^{-1}\,U\left(\frac{x}{r^2}, \frac{y}{r^2}, \frac{z}{r^2}\right),$$

où $r^2 = x^2 + y^2 + z^2$. On peut étendre ce résultat à diverses équations analogues à l'équation de Laplace, en particulier à celles du prépotentiel.

1. Soit l'équation du *prépotentiel plan*, correspondant à une attraction inversement proportionnelle à la puissance $(2p + 3)$ de la distance, le volume attirant se réduisant au plan $x = 0$: cette équation, donnée par Green, est

$$\Delta U + \frac{2p+1}{x}\frac{\partial U}{\partial x} = 0.$$

On vérifiera très facilement, par un calcul qu'il est inutile de reproduire, et qui s'appuie sur un passage aux coordonnées polaires, que, si $U(x, y, z)$

est solution, une autre solution est donnée par

$$r^{-(2p+2)}\mathrm{U}\left(\frac{x}{r^2}, \frac{y}{r^2}, \frac{z}{r^2}\right).$$

2. Soit l'équation du *prépotentiel sphérique*

$$\Delta\left[(x^2+y^2+z^2-1)^{p+\frac{1}{2}}\mathrm{U}\right]=(4p^2-1)(x^2+y^2+z^2-1)^{p-\frac{3}{2}}\mathrm{U},$$

où l'attraction est la même que ci-dessus, le volume attirant étant la sphère $x^2+y^2+z^2=1$. On vérifiera de la même façon que, si $\mathrm{U}(x, y, z)$ est solution, la fonction

$$r^{2p}(1-r^2)^{-\left(p+\frac{1}{2}\right)}\mathrm{U}\left(\frac{x}{r^2}, \frac{y}{r^2}, \frac{z}{r^2}\right)$$

l'est aussi. Pour $p=-1/2$, le prépotentiel se réduit au potentiel ordinaire, et l'on retrouve bien, dans les deux cas indiqués, la fonction de Kelvin.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Sur un nouveau moteur d'aviation.* Note de M. **Sklenar**, présentée par M. Robert Esnault-Pelterie.

Mon moteur comporte un nombre impair de cylindres radiaux et refroidis par l'air, qui tournent au centre d'une culasse fixe circulaire 1 formant distributeur; le vilebrequin 2 tourne en sens inverse des cylindres et à une vitesse supérieure.

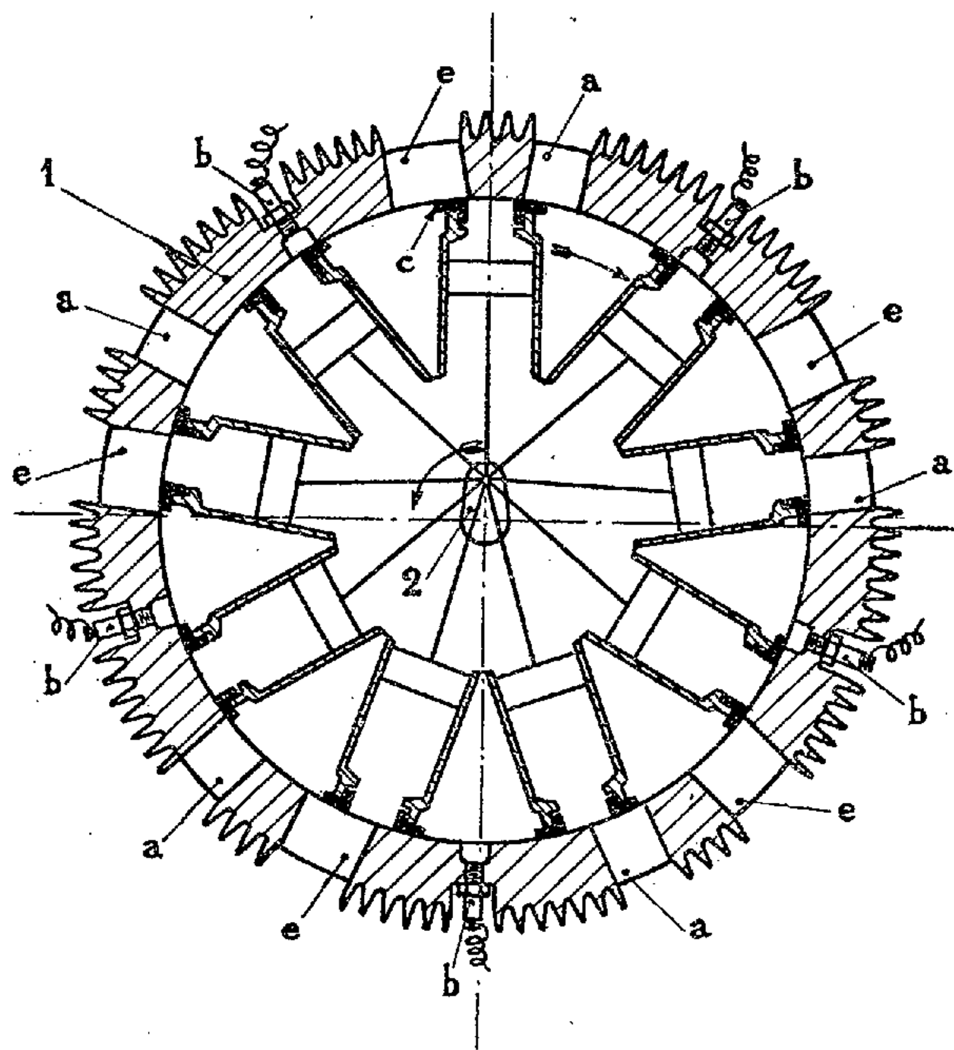
Considérant pour un instant les n cylindres comme fixes, on voit que ce moteur rentre dans la théorie générale que M. Esnault-Pelterie a publiée dès 1907 : si le distributeur tourne dans le même sens que le vilebrequin, il devra tourner $n+1$ fois moins vite et porter $(n+1)/2$ séries d'orifices et de bougies.

Le système que j'ai adopté correspond à cette dernière solution : les cylindres étant au nombre de 9, la culasse-distributeur porte 5 séries équidistantes d'orifices d'admission a, d'échappement e et de bougies b; par rapport à la culasse-distributeur, qui est ici fixe, le vilebrequin fait 9 tours dans un sens, pendant que les cylindres en font un seul dans l'autre.

L'écueil principal de cette disposition résidait dans la difficulté d'assurer l'étanchéité du joint qui doit exister entre le sommet des cylindres et la face interne de la culasse circulaire. J'y suis parvenu en utilisant des sortes de champignons c à surface extérieure sphérique, qui sont appliqués par la force centrifuge. En raison des inégalités de frottement inévitables, ces

champignons tournent lentement autour de leur axe radial en produisant un rodage sphérique de leurs surfaces externes et de la surface interne de la culasse circulaire. L'intervalle entre les champignons est comblé par des patins légers appliqués par la force centrifuge, ce qui permet un fonctionnement correct de l'aspiration d'admission. Le passage alternatif des gaz froids et chauds à travers le canal central des champignons réduit leur échauffement; l'huile projetée par la force centrifuge assure leur graissage.

La culasse circulaire offre une surface totale de refroidissement bien



plus grande que dans les moteurs habituels. Les bougies ne sont en contact avec les gaz chauds que pendant un temps très court.

La suppression des soupapes et de leur commande rend ce moteur extraordinairement robuste et durable (l'un d'eux a fait d'emblée 300 heures de marche par séries de 10 heures); elle diminue considérablement son prix de revient, ce qui est d'un grand intérêt industriel.

En France, deux moteurs ont été essayés : l'un à 5 cylindres, d'une cylindrée totale de 490^{cm^3} et l'autre à 9 cylindres, d'une cylindrée totale de 4328^{cm^3}. Le nombre de CV obtenus par litre de cylindrée et par 1000 t/m est compris entre 11 et 11,5. Au régime nominal de 3300 t/m au vilebrequin, le moteur de 9 cylindres a donné une consommation de 217^g par CV/heure.

En régime à 4000 t/m, la température au joint d'une bougie d'allumage atteint 245° C. (ambiance $=12°$ C.). L'huile de sortie était à 90° C. (circuit de 20¹ d'huile).

Remarque de M. **Robert Esnault-Pelterie** *relativement à la Communication de M.* Sklenar.

Une difficulté considérable, et spéciale aux moteurs à cylindres rotatifs, réside dans l'ovalisation des joints de pistons sous l'action des accélérations tangentielles. Les moteurs du type de celui de M. Sklenar présentent, sous ce rapport, un avantage qui résulte du fait que la multiplication de puissance est tirée, non de celle du nombre de tours des cylindres, mais de celle du nombre de pulsations des pistons pendant un seul tour de ces cylindres.

On peut, à première vue, se rendre compte de cet avantage en faisant abstraction du fait que les bielles sont de longueur finie : considérons en effet un moteur dont les cylindres tournent à la vitesse angulaire ω et dont les pistons effectuent, entre deux positions radiales extrêmes $R+r$ et $R-r$, k pulsations complètes par tour des cylindres. La situation radiale du centre de gravité d'un piston sera à peu près représentée à chaque instant par l'expression

$$\rho = R + r.\sin k\omega t, \tag{1}$$

et son accélération tangentielle sera

$$\Gamma_t = k\omega^2 r \cos k\omega t. \tag{2}$$

On voit ainsi que la valeur maximum de cette accélération dépend bien de ω^2 *pour un moteur déterminé*, mais en outre du produit kr. Si donc on augmente la puissance de ce genre de moteurs en augmentant le nombre k des pulsations par tour, tout en laissant ω et r constants, l'accélération tangentielle maximum variera seulement en proportion directe de k au lieu d'être proportionnelle à ω^2 comme dans un moteur rotatif ordinaire. M. Sklenar peut ainsi utiliser des segments ordinaires sans aucune difficulté, tout en obtenant une très grande puissance volumique par le moyen d'une fréquence élevée.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur les avances du nœud et du périhélie d'une planète sous l'action d'un anneau circulaire.* Note de M. **Jean Chazy**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Dans les hypothèses et notations de Notes précédentes [1], considérons le mouvement du périhélie de la planète P, défini par l'équation classique

$$\frac{d\varpi}{dt} = \frac{\sqrt{1-e^2}}{na^2 e}\frac{\partial R}{\partial e} + 2\sin^2\frac{i}{2}\frac{d\Omega}{dt}.$$

Les passages aux périhélies et aphélies correspondent aux valeurs de l'anomalie osculatrice u multiples de π : par dérivation de l'équation de Képler et en supprimant des termes d'ordre 2 en e et i et des termes en $\cos u$, $\cos^3 u$, $\cos u \sin^2 u$, dont la valeur moyenne est nulle, on obtient l'équation

$$\frac{du}{dt} = n_2 - \frac{R''_{a^2}}{n}\cos^2 u \qquad \text{avec} \qquad n_2 = n - \frac{2}{na}R'_a.$$

On déduit pour la durée de la révolution anomalistique, compte tenu de l'équation de Laplace, et pour l'avance du périhélie,

$$\int_0^{2\pi}\frac{n\,du}{nn_2 - R''_{a^2}\cos^2 u} = \frac{2\pi n}{\sqrt{nn_2(nn_2 - R''_{a^2})}} = \frac{2\pi n}{\sqrt{nn_2\left(n^2 - \frac{2}{a}R'_a - R''_{a^2}\right)}} = \frac{2\pi n}{\sqrt{nn_2(n^2-q)}},$$

$$\delta\varpi = \delta l - 2\pi = 2\pi\left(\sqrt{\frac{nn_2}{n^2-q}} - 1\right).$$

Concernant le terme principal de l'avance du périhélie d'une orbite située dans le plan de symétrie II, le calcul de Fatou peut se réduire à ceci. L'équation du mouvement relatif sur le rayon vecteur

$$\rho'' = \frac{C^2}{\rho^3} + F'_\rho$$

peut, de même que précédemment l'équation de projection sur Oz, être considérée comme une équation linéaire dont les coefficients sont à peu près constants, et s'écrire

$$\rho'' = \left(-\frac{3C^2}{a^4} + F''_{a^2} + \varepsilon\right)(\rho - a) = (-3n^2 + F''_{a^2} + \varepsilon)(\rho - a),$$

[1] *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 706 et 844.

a désigne le rayon tel qu'on ait $C^2 = -a^3 F'_a$, n la vitesse angulaire ($C = na^2$) et ε une quantité très petite. L'intervalle de temps séparant deux passages au périhélie consécutifs a pour valeur limite

$$\frac{2\pi}{\sqrt{3n^2 - F''_{a^2}}} = \frac{2\pi}{\sqrt{n^2 - \frac{2}{a}F'_a - F''_{a^2}}} = \frac{2\pi}{\sqrt{n^2 - q}},$$

compte tenu de l'équation de Laplace; l'avance du périhélie correspondante est

$$\delta\varpi = 2\pi\left(\frac{n}{\sqrt{n^2 - q}} - 1\right).$$

q étant positif, *l'avance du périhélie a le sens du mouvement.*

Les deux valeurs obtenues dans le premier calcul équivalent aux deux dernières valeurs, car la quantité n_2 du premier calcul diffère de la vitesse angulaire n du second calcul par un terme d'ordre 2 en e. Par suite les deux dernières formules donnent la durée de la révolution anomalistique et l'avance du périhélie avec une erreur relative de l'ordre de l'excentricité et du carré de l'inclinaison, soit que a, figurant dans q, et n représentent le rayon et la vitesse angulaire du mouvement circulaire limite, soit qu'ils représentent le demi-grand axe et le moyen mouvement osculateurs.

Ces résultats approchés, très simples, s'appliquent au système solaire selon le principe de la méthode de Gauss, avec une certaine valeur pratique. Rappelons pour le montrer les nombres suivants. *Si q est petit par rapport à n^2, les avances du nœud et du périhélie de la planète* P *se réduisent à $-\pi q/n^2$ et $\pi q/n^2$, donc sont opposées :* c'est le cas que j'avais considéré d'abord. Or on constate par exemple dans les travaux de Le Verrier que les avances séculaires sous l'action de la Terre des nœuds par rapport à l'écliptique de 1850 et des périhélies sont pour les planètes

	Avance du nœud.	Avance du périhélie.
Mercure	$-92'',35$	$83'',61$
Vénus	$-671,99$	$-521,8$
Mars	$-210,8$	$210,16$
Jupiter	$-0,927$	$0,912$
Saturne	$-0,124$	$0,107$

La vérification est donc satisfaisante sauf pour la planète Vénus, dont le périhélie présente déjà l'anomalie de subir un retard sous l'action de la Terre.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Mécanique quantique et principe de relativité.* Note de M. **Bernard Kwal**, présentée par M. Louis de Broglie.

Pour donner à la mécanique des quanta une forme en accord avec le principe de relativité, nous allons employer le procédé suivant, basé sur l'hypothèse d'après laquelle toute grandeur dynamique peut être représentée au moyen d'un quaternion-matrice, c'est-à-dire par une matrice dont les éléments sont des quaternions.

A la place de la définition des matrices de Heisenberg

$$q = \{ q_{mn} e^{2\pi i \nu_{mn} t} \},$$

qui se rattache au principe scalaire de Ritz,

$$\nu_{mn} = T_m - T_n,$$

nous allons poser

(1) $$\mathbf{q} = \{ \mathbf{q}_{mn} e^{2\pi i (\mathbf{x}\bar{\mathbf{\nu}}_{mn})} \};$$

où $\mathbf{q}$ est un quaternion (q_1, q_2, q_3, q_0); de même

$$\mathbf{q}_{mn} [(q_{mn})_1, (q_{mn})_2, (q_{mn})_3, (q_{mn})_0].$$

$(\mathbf{x}\bar{\mathbf{\nu}}_{mn})$ est le produit scalaire de deux quaternions

$$\mathbf{x}(x_1, x_2, x_3, ict) \quad \text{et} \quad \bar{\nu}_{mn}\left(-\frac{\nu_{mn}\alpha}{c}, -\frac{\nu_{mn}\beta}{c}, -\frac{\nu_{mn}\gamma}{c}, i\nu_{mn}\right),$$

α, β, γ représentant la direction du photon émis ou absorbé par le système atomique.

Nous introduirons en outre l'opérateur différentiel quaternionien $\partial/\partial\mathbf{x}$ $(\partial/\partial x_1, \partial/\partial x_2, \partial/\partial x_3, \partial/\partial ict)$, ainsi que le quadri-vecteur quantité de mouvement-énergie $\mathbf{P}$.

Cela étant, les équations fondamentales de la mécanique quantique s'écrivent

(2) $$\frac{h}{i}\frac{\bar{\partial}}{\partial\mathbf{x}}\mathbf{q} = \bar{\mathbf{P}}\mathbf{q} - \overline{\bar{\mathbf{q}}\mathbf{P}}.$$

(3) $$\bar{\mathbf{P}}\mathbf{x} - \overline{\bar{\mathbf{x}}\mathbf{P}} = \frac{h}{i}.$$

Les équations (1), (2) et (3) conduisent, par l'intermédiaire des calculs connus, au théorème suivant :

Lorsque le système mécanique subit une transition d'un état m à un état **n**, *la variation du quadri-vecteur quantité de mouvement-énergie est reliée au quadri-vecteur onde du photon (émis ou absorbé) par la relation quantique*

$$\mathbf{P}_m - \mathbf{P}_n = h\boldsymbol{\nu}_{mn}. \tag{4}$$

Le principe scalaire de Ritz est ainsi remplacé par un principe quadri-vectoriel, conformément au principe de relativité. Les équations de commutation entre les grandeurs conjuguées s'écrivent de même au moyen des quaternions

$$\bar{\mathbf{p}}\mathbf{q} - \overline{\bar{\mathbf{q}}\mathbf{p}} = \frac{\hbar}{i}, \tag{3'}$$

et les relations d'incertitude prennent conjointement la forme suivante :

$$\Delta\bar{\mathbf{p}}\Delta\mathbf{q} = \hbar. \tag{5}$$

Quant à l'équation de Dirac, on l'obtient d'une manière directe et simple, qui lui confère d'ailleurs une propriété physique remarquable. Considérons, en effet, deux référentiels : l'un, par rapport auquel le corpuscule possède une quantité de mouvement-énergie $\mathbf{P}$ (mv_1, mv_2, mv_3, ime), et l'autre, par rapport auquel le corpuscule est immobile et possède une quantité de mouvement-énergie qui se réduit à m_0c.

La transformation de Lorentz la plus générale, qui met en communication les deux référentiels, s'écrit au moyen des quaternions par la formule de Cayley :

$$\bar{\mathbf{S}}^*\mathbf{P}\mathbf{S} = m_0c, \tag{6}$$

$\mathbf{S}^*$ étant un semi-vecteur d'Einstein et Meyer (1), conjugué complexe de $\mathbf{S}$.

En remplaçant $\mathbf{P}$ par $h/i\ \partial/\partial\mathbf{x}$ conformément au postulat quantique, on constate alors, en se servant de la notation spinorielle, que l'équation (6), ainsi transformée, n'est autre que l'équation de Dirac.

Si donc le point de vue adopté dans la présente Note est juste, la mécanique quantique relativiste est une mécanique des matrices *quaternionienne*.

---

(1) A. Einstein et W. Meyer, *Sitzungsber. Preuss. Akad. der Wiss.*, 32, 1932, p. 522-550; B. Kwal, *Journal de Physique*, 7, 1936, p. 223-226.

CHALEUR. — *Les dimensions théoriques des tourbillons cellulaires de Bénard.* Note de M. **Pierre Vernotte**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous avons (¹) exposé le mode de calcul de la largeur des tourbillons en bande, entretenus dans une cuve plate par *une cause quelconque*. Nous nous proposons d'indiquer, cette fois, comment doit être conduit le calcul dans le cas de tourbillons cellulaires proprement dits, de formes variés; et nous étendrons les résultats au cas de tourbillons entretenus entre deux plaques parallèles.

I. L'axe des z étant vertical, nous avions mis les solutions simples donnant les composantes de la vitesse du fluide, sous la forme du produit d'une fonction trigonométrique de la coordonnée horizontale, par une expression du type

$$(\mathrm{A}\cos\gamma z + \mathrm{B}\sin\gamma z + \mathrm{C}\,\mathrm{ch}\,\alpha' z + \mathrm{D}\,\mathrm{sh}\,\alpha' z)$$

que nous désignerons dorénavant par H ou K. Dans le cas de tourbillons *carrés*, et plus généralement *rectangulaires*, en choisissant pour axes Ox, Oy deux côtés d'un rectangle, nous prenons comme fonction trigonométrique des coordonnées horizontales, respectivement $\sin\alpha x\cos\beta y$, $\sin\beta y\cos\alpha x$, et $\cos\alpha x\cos\beta y$, pour les trois composantes, u, v, w de la vitesse, α' étant égal à $\sqrt{\alpha^2+\beta^2}$; les côtés des cellules se trouvent ainsi définies par la condition que *la vitesse normale au côté est nulle*, *la vitesse suivant le côté s'annulant aux extrémités et au milieu* de ce côté. Le calcul se conduit comme dans le cas des bandes, et l'on trouve que les côtés l et L du rectangle sont liés à la profondeur h de la cuvette, par la formule $l\mathrm{L}:\sqrt{l^2+\mathrm{L}^2}=2\pi h:\xi$, ξ étant une des racines en αh du système d'équations transcendantes déjà indiqué (*loc. cit.*), racines qui sont pratiquement données, dès que leur rang n dépasse 2, par l'équation simplifiée $\xi e^{\xi}=(4n-1)\pi:2$. Nous avons annoncé déjà que *tous* les agrégats de cellules carrées rencontrés correspondaient exactement aux racines ξ de rangs 5, 9, 10, 12. Des rectangles *isolés*, reconnus, parmi d'autres polygones, dans les clichés de la collection de M. Bénard, correspondent aux racines de rangs 4, 6, 7, 8.

La théorie des *triangles rectangles isoscèles* (côtés de l'angle droit

(¹) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1764; 203, 1936, p. 43.

parallèles aux axes) se fait à partir des formules :

$$u - v = \mathrm{H}\sin\alpha x \sin\alpha y(\cos\alpha x - \cos\alpha y) + \mathrm{K}\cos\alpha x\cos\alpha y(\sin\alpha x - \sin\alpha y),$$
$$u + v = \mathrm{H}\sin\alpha x \sin\alpha y(\cos\alpha x - \cos\alpha y) + \mathrm{K}\cos\alpha x\cos\alpha y(\sin\alpha x + \sin\alpha y),$$

α' est alors égal à $\alpha\sqrt{5}$ et se calcule par les mêmes équations. L'hypothénuse est donnée par l'expression $2\pi\sqrt{10}h:\xi$.

C'est de même à partir des formules

$$u + v\sqrt{3} = \mathrm{H}\cos\alpha x(\sin\alpha y\sqrt{3} + \sin\alpha x) + \mathrm{K}\sin\alpha x(\cos\alpha y\sqrt{3} - \cos\alpha x),$$
$$u - v\sqrt{3} = \mathrm{H}\cos\alpha x(-\sin\alpha y\sqrt{3} + \sin\alpha x) + \mathrm{K}\sin\alpha x(\cos\alpha y\sqrt{3} - \cos\alpha x)$$

que nous faisons pour la première fois la théorie des *triangles équilatéraux*. α' vaut alors 2α. 2α est donné par les mêmes équations, et le côté du triangle vaut $4\pi h:\xi\sqrt{3}$. Quelques triangles équilatéraux mal formés, sur les clichés de M. Bénard, correspondent grossièrement à la racine de rang 2.

La théorie *rigoureuse* des *hexagones* réguliers dérive de celle des triangles équilatéraux. Suivant les lignes $u=0$, $-u+v\sqrt{3}=0$, $u+v\sqrt{3}=0$, on rencontre alternativement un côté et un diamètre d'hexagone, dont l'ensemble constitue une période : il faut, d'après ce qui a été dit, que v, $u+v\sqrt{3}$, $-u+v\sqrt{3}$, respectivement, s'annulent aux extrémités et au milieu du côté et du diamètre correspondants. On satisfait à ces conditions en posant

$$-u + v\sqrt{3} = \mathrm{H}[\sin 3\alpha(x\sqrt{3} - y) - \sin 6\alpha y],$$
$$u + v\sqrt{3} = -\mathrm{H}[\sin 3\alpha(x\sqrt{3} + y) + \sin 6\alpha y],$$

2α est égal à l'une des racines ξ précédentes; la largeur de l'hexagone est donnée par $4\pi h:\xi\sqrt{3}$, et la période suivant les trois axes de symétrie définis plus haut, par $4\pi h:\xi$. Expérimentalement, on trouve la largeur $3{,}28h$, correspondant, à 4 pour 100 près, à la racine ξ de rang 4. La largeur $3{,}17h$, obtenue une fois par M. Bénard, correspond presque exactement (à 1 pour 100 près) à cette racine.

La même théorie s'étend aux *hexagones équiangles*, comportant deux côtés opposés de longueur b, séparés par deux paires de côtés de longueur a. Seule des directions principales ci-dessus, celle correspondant aux côtés b est un axe de symétrie. Le coefficient de α dans les formules dépend du rapport $b:a$. On obtient des distributions périodiques de tourbillons en donnant par exemple à $b:a$, les valeurs $1/2$, $2/3$, $3/2$. Le coefficient de α est alors respectivement 4, 7, 8. La période $(2b+a)$ est donnée par la

même expression $4\pi h : \xi$. Sur les clichés de M. Bénard, nous avons trouvé effectivement des hexagones isolés rentrant à peu près dans ce type, et correspondant aux valeurs de $b : a$, 3/2 (racine de rang 2, à 4 pour 100 près), et 2/3 (racines de rangs 3 à 2 pour 100 près, et 5 à 3 pour 100 près).

Les polygones d'un nombre de côtés différent de 2, 3, 4, 6, ne peuvent conduire qu'à des tourbillons cellulaires isolés. Nous avons traité par les fonctions de Bessel le cas des *cercles*, dont le diamètre rentre dans la formule $7,664h:\xi$. En *assimilant*, comme le faisait Lord Rayleigh, l'*hexagone* au *cercle* de même surface, on trouve pour la largeur de l'hexagone la valeur $7,30h:\xi$, *exceptionnellement* proche de la valeur exacte $7,25:\xi$.

II. Si le fluide est compris entre deux plaques parallèles, on ne peut obtenir une théorie de l'entretien en se laissant guider par des considérations analogues à celles qui ont réussi dans le cas d'une surface libre. Mais nous remarquerons qu'à la *plaque inférieure*, où est localisé le mécanisme d'entretien de la convection, les *réactions* de la paroi qui *s'opposeraient* au mouvement des tourbillons, sont *compensées* par les forces d'entretien, de sorte que tout se passe comme si, là, la surface du fluide était *libre* (ou, plus exactement, infiniment plus libre qu'à la paroi supérieure). On peut donc écrire les *mêmes* équations que dans le cas d'une surface *effectivement libre*, ce qui donne, pour le rapport de la largeur d'une bande tourbillonnaire à la distance des plaques, l'*une* quelconque des valeurs 5,11; 3.51; 3,00; 2,72; 2,53; 2,39; 2,29; 2,21; 2,14; 2,08; 2,04; 2,00; 1,96.... Mais la théorie est *moins générale* comme préjugeant d'un mode d'entretien.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur l'utilisation du galvanomètre balistique comme appareil de zéro*. Note de M. **Gaston Dupouy**, présentée par M. Aimé Cotton.

L'emploi du fluxmètre comme appareil de zéro, dans la mesure d'un champ magnétique par la méthode d'induction, a été préconisé par P. Sève [1]. Rappelons le principe de cette technique : on dispose dans le champ magnétique $\mathcal{H}$ une bobine de surface connue S dont les spires sont normales aux lignes de force; on retire cette bobine hors du champ (ou bien on la retourne face pour face); on mesure la quantité d'électricité induite en la comparant, au moyen du fluxmètre, à celle qui est créée dans

[1] *Annales de Chimie et de Physique*, 27, 1912, p. 189.

le secondaire d'une inductance mutuelle étalon quand on coupe le courant dans le primaire. Désignons par i la valeur du courant primaire correspondant à la compensation exacte des flux et par M le coefficient d'induction mutuelle, on a $\mathcal{H}S = Mi$. Si les flux antagonistes sont égaux le spot du fluxmètre, après un trajet plus ou moins compliqué, revient à son point de départ quand la manœuvre est terminée ([1]).

La sensibilité du fluxmètre est insuffisante dès que l'on veut faire des mesures dont la précision dépasse le dix-millième, surtout quand il s'agit de champs faibles comme ceux qui sont produits par des aimants permanents. D'autre part, l'emploi d'un fluxmètre nécessite que la résistance introduite en série avec cet instrument ne dépasse pas 30 ohms environ, ce qui peut être gênant dans certains cas. Il serait donc utile de pouvoir lui substituer un autre appareil, et l'on a déjà songé plusieurs fois au galvanomètre balistique ; l'emploi de ce galvanomètre présente quelques difficultés ([2]).

En particulier cet instrument peut dévier dans certains cas, même si le courant qui le traverse a une valeur moyenne nulle : cela tient à ce que sous l'action des courants relativement intenses qui traversent le cadre pendant la manœuvre de la bobine, il se produit une altération dans l'aimantation de l'aimant du galvanomètre ([3]).

Si l'on utilise le balistique à la place du fluxmètre, les deux forces électromotrices qui prennent naissance dans la bobine d'une part et dans le secondaire de l'inductance mutuelle d'autre part, ne se produisent pas exactement au même moment. Le cadre part, dans ces conditions, avec la vitesse initiale correspondant à la première impulsion et parcourt un chemin qui peut être appréciable jusqu'à ce que l'impulsion opposée vienne réduire sa vitesse à une valeur beaucoup plus faible. On sait que la

---

([1]) Ce mouvement est dû au fait qu'en général la loi de variation en fonction du temps n'est pas la même pour les deux flux antagonistes ; il en résulte que la compensation dans le temps n'est qu'approximative. On pourrait arriver à une compensation exacte en utilisant le dispositif adopté par C. D. Ellis (*Proc. Roy. Soc.*, A, 138, 1932, p. 318). On compense le flux produit par la rotation de 180° d'une bobine b dans le champ, au moyen du flux d'un inductiomètre Duddel. Cet instrument consiste essentiellement en deux bobines parallèles dans lesquelles on fait passer un courant et entre lesquelles est montée une troisième bobine B pouvant tourner de 180°. Les rotations des bobines b et B sont solidaires l'une de l'autre.

([2]) A. Cotton et G. Dupouy, *Comptes rendus du Congrès international d'Électricité*, 3, Paris 1932, p. 207.

([3]) H. Bouasse, *Traité de Physique*, 3, 1921, p. 337.

théorie du galvanomètre balistique suppose au contraire que le cadre reste immobile pendant toute la durée de l'impulsion. M. P. Weiss [1] a montré que, si le chemin parcouru par l'équipage mobile pendant le passage de la quantité totale d'électricité développée dans le circuit est un infiniment petit du premier ordre par rapport à la déviation finale observée, celle-ci mesure la quantité d'électricité qui a passé à un infiniment petit du second ordre près. Cette remarque montre que la durée de la décharge intervient quand la déviation totale est petite : or on cherche précisément à l'annuler.

Nous avons tourné la difficulté de la manière suivante. Désignons par φ la variation de flux qui se produit à travers la bobine exploratrice. En agissant par tâtonnements sur le courant primaire de l'inductance nous donnons à celui-ci une valeur i_1 telle que la variation de flux à travers le secondaire au moment de la manœuvre soit, par exemple, de l'ordre de $\varphi + \varphi/1000$. La sensibilité d'un bon galvanomètre est telle que la déviation Δn_1 obtenue sous l'action du flux non compensé $\varphi/1000$ soit une portion notable de la règle. Il suffit alors de déterminer la valeur du courant Δi_1 qui passant dans le primaire de l'inductance provoque cette déviation Δn_1 du spot. La mesure de Δi_1 est faite, avec toute la précision désirable, en utilisant un bon potentiomètre. On peut d'ailleurs se passer de cette mesure : au cours d'une seconde expérience on produit dans le secondaire de l'inductance une variation de flux $\varphi - \varphi/1000$; soit i_2 le courant correspondant : la déviation sur la règle sera symétrique de la précédente. Le courant pour lequel la compensation des flux est réalisée a pour intensité : $i = (i_1 + i_2)/2$. En fait il n'est pas nécessaire de s'astreindre à réaliser des déviations parfaitement symétriques du spot; il suffit de régler le courant primaire de façon que les déviations observées Δn_1 et Δn_2 ne soient pas trop différentes et d'interpoler par parties proportionnelles.

La méthode que nous préconisons présente les avantages de la méthode de zéro et elle permet, en utilisant la grande sensibilité de certains galvanomètres balistiques, d'augmenter la précision des mesures de champs magnétiques.

Nous avons effectué par ce procédé une série de mesures en comparant les indications fournies par le fluxmètre et par le balistique : il y a concordance entre les résultats, à la limite de la précision du fluxmètre.

On n'a pas besoin, d'après ce qui précède, d'opérer avec une grande rapidité, surtout si la période du balistique est grande; on évite ainsi les actions perturbatrices signalées ci-dessus.

---

[1] *Journal de Physique*, 3e série, 3, 1895, p. 420.

PHOTOÉLECTRICITÉ. — *Sur l'application à la photographie d'une méthode permettant d'amplifier l'énergie des photons.* Note de M. **André Lallemand**, présentée par M. Ernest Esclangon.

J'ai étudié et décrit (¹) un dispositif qui consiste à accélérer des photoélectrons par un champ électrique. On peut alors tirer parti de l'énergie de ces photoélectrons pour produire des effets dont les photons eux-mêmes sont incapables. L'optique électronique permet, en plus, de reconstituer sur le récepteur d'électrons l'image de la photocathode. J'ai entrepris d'étudier l'action de ces électrons sur la plaque photographique. J'ai pu effectuer, après une nouvelle mise au point du montage, six poses avec six plaques différentes, cela sans altérer la cathode photosensible ni la qualité des images; j'aurais pu augmenter encore beaucoup ce nombre sans inconvénient, ce qui confirme l'intérêt pratique de la méthode.

Cet appareil constitue un véritable compteur de photons, la plaque photographique jouant le rôle de totaliseur d'impulsions en même temps qu'elle reproduit fidèlement le point d'arrivée de chaque photon, c'est-à-dire l'image lumineuse projetée sur la photocathode. D'après les résultats obtenus avec les compteurs de photons, on peut se faire une idée de la sensibilité que l'on peut atteindre avec ce dispositif. Avec un compteur, Rajewsky (²) a pu mesurer un rayonnement de $9,1.10^{11}$ erg/cm²/sec; d'après Kluge (³), on peut obtenir ainsi une sensibilité 10^4 fois supérieure à celle de l'œil, mesurée dans le jaune vert. Cette augmentation de sensibilité se chiffre en astronomie par un gain de dix magnitudes par rapport à l'observation visuelle. Pour évaluer le gain effectif, il y aurait lieu de tenir compte de phénomènes secondaires comme la brillance du fond du ciel. Remarquons qu'avec des plaques extra-rapides, il faut actuellement une demi-heure pour photographier au foyer d'une lunette toutes les étoiles que l'œil peut déceler; avec les plus longues poses réalisables en pratique (une douzaine d'heures), on gagne trois magnitudes, alors que dans les expériences de Rajewsky le dénombrement des photons ne s'effectuait que pendant 10 à 12 minutes.

Par ailleurs les domaines de sensibilité spectrale des cellules photoélectriques sont plus étendus que ceux de la plaque photographique. En parti-

(¹) *Comptes rendus*, **203**, 1936, p. 243.
(²) *Phys. Zeit.*, **32**, 1931, p. 121.
(³) *Zeit. Techn. Phys.*, **16**, 1935, p. 184.

culier une photocathode de césium sur argent oxydé peut permettre des études dans l'infrarouge, qui n'ont pu être tentées jusqu'ici par suite du peu de sensibilité des plaques photographiques, même spécialement traitées.

Remarques au sujet de la Note précédente, par M. **Ernest Esclangon.**

La Note de M. André Lallemand doit retenir particulièrement l'attention du point de vue astronomique, car elle paraît ouvrir des perspectives nouvelles à la photométrie et à la spectroscopie célestes. Il est clair que, si l'on peut obtenir, par accélération électronique, des amplifications d'activité photographique de l'ordre de mille, par exemple, cela revient à multiplier par 30 l'ouverture d'une lunette ou télescope astronomique. On pouvait avoir quelques craintes *a priori* sur la précision et la finesse des images électroniques. Il n'en est rien, cette précision et cette finesse sont au moins aussi grandes que celles de l'optique ordinaire. Des agrandissements par voie électronique sont du reste parfaitement réalisables et l'on a pu, même, constater ainsi la structure cristalline de filaments chauds par les électrons qu'ils émettent. Le pouvoir séparateur est d'ailleurs supérieur à celui de l'optique ordinaire.

Certes, quelques difficultés techniques sont à prévoir encore, notamment dans la préparation des couches photosensibles et des couches *multiplicateurs d'électrons*, mais elles sont loin de paraître insurmontables. De même, en ce qui concerne l'application à l'astronomie, on sera limité, dans l'amplification des images d'astres très faibles, par l'éclairement du fond du ciel, circonstances en lesquelles interviendront les caractéristiques du télescope ou lunette employés. Il n'en reste pas moins qu'il y a là une voie nouvelle qui s'annonce féconde et de nature à accroître d'une manière très considérable les moyens de prospection céleste.

MAGNÉTOOPTIQUE. — *Polarisation rotatoire magnétique et biréfringence magnétique de solutions de β-naphtol et de β-méthylnaphtalène.* Note de M. **Jacques Rabinovitch**, présentée par M. Aimé Cotton.

MM. A. Cotton et H. Mouton [1] avaient fait la remarque que, pour tirer des conclusions d'ordre chimique de mesures polarimétrique effectuées sur

---

[1] *Annales de Chimie et de Physique*, 30, 1913, p. 321.

des solutions, il faut soit opérer avec plusieurs radiations, soit faire en même temps des mesures de diverses natures.

J'ai montré que des mesures de dispersion de rotations naturelles de solutions benzéniques de β-pinène ([1]) permettent de vérifier l'hypothèse de l'existence d'un troisième constituant dans ces mélanges. Ce troisième constituant, est-il le résultat d'une modification des molécules ou un complexe de ces molécules? Pour répondre à cette question l'étude des rotations magnétiques est précieuse : comme je l'ai déjà fait remarquer ([2]), il y a en général modification de la nature des molécules lorsque les rotations magnétiques des solutions ne suivent pas une loi linéaire. Par contre, si elles varient proportionnellement aux concentrations il est probable que dans les mélanges considérés il ne se produit que des associations moléculaires : c'est le cas par exemple des solutions de β-pinène comme le montrent les mesures non publiées de pouvoir rotatoire magnétique que j'ai faites.

L'étude combinée des effets de Cotton-Mouton et de Faraday permet de même, dans certains cas, de préciser le comportement d'un mélange. Les résultats obtenus sur des solutions de β-naphtol et de β-méthylnaphtalène sont donnés dans les Tableaux où on a adopté les notations suivantes :

c, volume en centimètre cube occupé par le corps dissous dans 1^{cm^3} de solution;
R_j, R_v, R_i, rotations magnétiques des solutions respectivement pour les raies jaune, verte et indigo du mercure;
R'_j, R'_v, R'_i, valeurs des rotations en supposant le tube rempli de substance pure;
ρ_j, ρ_v, ρ_i, constantes de Verdet exprimées en min/cm/gauss, calculées en prenant l'eau distillée comme corps de comparaison;
B, biréfringences magnétiques des solutions, évaluées en degrés pour $\lambda = 588^{m\mu}$;
B', valeur correspondant au produit pur;
C, constante de Cotton-Mouton calculée par comparaison au nitrobenzène;
ΔR et ΔB, écarts des résultats expérimentaux avec les valeurs calculées à partir d'une loi de proportionnalité aux concentrations.

TABLEAU I.

Solutions de β-naphtol dans l'acétone ($t = 20^\circ$C.).

c.	R_j.	R_v.	R_i.	R'_j.	R'_v.	R'_i.	$\frac{R'_v}{R'_j}$.	$\frac{R'_i}{R'_j}$.	$\rho_j.10^2$.	$\rho_v.10^2$.	$\rho_i.10^2$.
	°	°	°								
0.....	7,96	9,02	14,83	–	–	–	1,13	1,86	1,37	1,54	2,54
0,068.	10,11	11,51	19,79	39,6	45,5	87,8					
0,142.	12,49	14,29	25,21	39,5	45,7	87,9	1,15	2,22	5,80	6,66	12,84
0,255.	15,96	18,37	33,48	39,5	45,5	87,7					
Eau...	9,33	10,49	17,30	–	–	–	1,12	1,85	1,37	1,54	2,19

([1]) *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 855.
([2]) *Comptes rendus*, **203**, 1936, p. 718.

TABLEAU II.

Solutions de β-naphtol dans l'acétone ($t = 17°$ C.).

c.	B.	B'.	$C.10^{12}$.
	°		
0	0,13	–	0,04
0,068	0,51	5,9	
0,142	0,94	5,8	2,13
0,255	1,59	5,8	
Nitrobenzène	6,88	–	2,52

TABLEAU III.

Solutions de β-méthylnaphtalène dans CCl^4 ($t = 17°$ C.).

c.	R_j.	ΔR_j.	$\rho_j.10^2$.	B.	ΔB.	$C.10^{12}$.
	°			°		
0	11,41	0	1,67	0	0	0
0,154	14,03	+0,25	–	2,86	−1,36	–
0,267	17,28	0,37	–	5,27	−2,10	–
0,421	20,56	0,48	–	9,00	−2,62	–
0,596	24,07	0,39	–	14,10	−2,35	–
1	32,00	0	4,70	27,60	0	2,65 (¹)
α-méthylnaphtalène	33,26	–	4,88	20,60	–	2,05
Eau	9,33	–	1,37	–	–	–
Nitrobenzène	–	–	–	25,24	–	2,52

Les Tableaux I et II montrent que, pour les solutions de β-naphtol dans l'acétone, R et B suivent rigoureusement des lois linéaires : les effets étudiés ne décèlent aucune anomalie. Il en est tout autrement pour les solutions de β-méthylnaphtalène dans le CCl^4 : si nous considérons les courbes représentant les variations en fonction de la concentration de la rotation magnétique et de la biréfringence magnétique, nous constatons que la première est au-dessus de la droite correspondant à une loi d'additivité simple et la deuxième au-dessous. L'existence de ces écarts pour la rotation magnétique nous fait penser à une modification de certaines molécules. On trouve d'ailleurs dans ce cas une justification numérique de cette interprétation. En effet le pouvoir rotatoire magnétique R_α de l'α-méthylnaphtalène est supérieur à celui R_β du dérivé β, tandis que sa biréfringence magnétique B_α est inférieure à B_β. On peut donc se demander si dans CCl^4, une partie du dérivé β ne se transforme pas en α. S'il en est ainsi, le rapport

(¹) Extrapolation en fonction de *t* des mesures de C. Salceanu (*Thèse*, Paris, 1932).

des écarts ΔB et ΔR doit être constant quelle que soit C et égal à

$$\frac{B_\beta - B_\alpha}{R_\beta - R_\alpha} = -5,5.$$

Or les nombres trouvés sont les suivants :

c..............	0,154	0,267	0,421	0,596
$-\frac{\Delta B}{\Delta R}$..........	5,4	5,7	5,5	5,9

L'approximation est par conséquent suffisamment bonne pour nous autoriser à accepter l'hypothèse émise.

OPTIQUE. — *Dispositif permettant aux illuminateurs verticaux de microscopes de transmettre la lumière polarisée rectiligne d'azimut quelconque.* Note ([1]) de M. **Léon Capdecomme**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous avons étudié ([2]) les conditions de la réflexion totale dans les illuminateurs verticaux utilisés pour la mesure des pouvoirs réflecteurs au moyen du microscope.

Pour que l'état de polarisation rectiligne de la lumière transmise par l'illuminateur ne soit pas modifié, le prisme polarisateur doit être orienté de façon que le plan de polarisation de la lumière incidente soit parallèle au plan d'incidence du rayon moyen ou normal à ce plan.

Nous rappelons que, le champ étant circulaire, si le diaphragme d'ouverture n'est pas demi-circulaire, le pouvoir réflecteur mesuré n'est pas la moyenne arithmétique R des pouvoirs réflecteurs $R\perp$ et $R\parallel$ correspondant respectivement à des vibrations normales ou parallèles au plan d'incidence, mais qu'il se rapproche de l'un ou de l'autre suivant l'azimut choisi pour le plan de polarisation de la lumière incidente.

Nous préciserons ici ces écarts dans le cas d'une ouverture-fente fine. L'erreur relative E peut atteindre $4/3\text{N}.\text{tang}^2\text{U}$, U étant le demi-angle d'ouverture du faisceau transmis par l'objectif du microscope et N étant l'indice de réfraction n pour les corps transparents et la fonction $(\nu^2+x^2)/\nu$ des indices de réfraction ν d'extinction x, pour les corps opaques. Voici

---

([1]) Séance du 9 novembre 1936.

([2]) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 312-314.

l'ordre de grandeur de ces écarts calculés pour quelques surfaces d'indices connus (raie D), et des ouvertures usuelles :

sin U.	Verre (1,5).	Blende.	Magnétite.	Galène.	Cuivre.	Mercure.	Argent.
0,20....	0,035	0,023	0,022	0,011	0,0049	0,0032	0,0007
0,30....	0,08	0,049	0,048	0,024	0,011	0,0075	0,0016
0,50....	0,3	0,183	0,173	0,092	0,041	0,028	0,006

Ces écarts étant de même sens, les erreurs sont réduites au cours de mesures comparatives. Certains expérimentateurs les éliminent en faisant, sur chaque surface étudiée, deux mesures correspondant aux deux positions rectangulaires possibles du polariseur, et en prenant la moyenne des résultats obtenus.

Il est possible de réaliser des illuminateurs permettant de faire tourner de 90°, sans modifier sensiblement son état de polarisation, un faisceau lumineux polarisé rectilignement dans un azimut quelconque.

M. Berek a donné (1) un procédé par lequel plusieurs réflexions totales, ajoutant leurs retards, rétablissent la vibration rectiligne. Ce dispositif à l'inconvénient d'exiger un prisme de forme spéciale et d'indice très voisin de $\sqrt{3}$. Il ne permet pas l'utilisation des illuminateurs usuels.

Nous avons nous-même indiqué (2) un moyen de compensation utilisant deux prismes à réflexion totale croisés et de verres identiques. Avec des verres d'indice $\sqrt{3}$, ce procédé donne des résultats du même ordre que le précédent, il peut même donner une compensation suffisante pour nos mesures, en faisant simplement précéder d'un prisme les illuminateurs usuels :

Le prisme qui précède celui de l'illuminateur ayant tourné de 90° autour du rayon moyen qui les relie, le décalage Δ de la première réflexion est compensé par le décalage Δ' de la seconde réflexion, qui est de sens inverse et de valeur absolue très voisine, Δ étant voisin d'un maximum pour l'incidence de 45°.

Les différents rayons du faisceau transmis n'étant jamais rigoureusement parallèles au rayon moyen, les angles d'incidence sur les deux prismes peuvent ne pas être tout à fait égaux et l'angle des plans d'incidence peut différer un peu de $\pi/2$.

---

(1) *Zeitschrift für Instrumentenkunde*, 56, 1936, p. 1 à 6.
(2) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 313.

Nous avons calculé que les plus grandes valeurs de l'ellipticité tangψ relatives à un rayon transmis sont atteintes quand l'azimut de la vibration incidente est à 45° du plan d'incidence. Elles sont données par tang$\psi = 1/2$ tang$(\Delta - \Delta')$.

Pour $n = \sqrt{3}$, en prenant la valeur extrême 1°30′ pour $(\Delta - \Delta')$, on trouve, pour les rayons les moins favorisés, une ellipticité tang$\psi = 1/80$.

On voit que, pour $n = 1,56$, indice du prisme que nous avons longtemps utilisé, la valeur extrême 12° pour $(\Delta - \Delta')$ donne, dans les plus mauvaises conditions, une ellipticité inférieure à 0,1.

Conclusion. — Dans la détermination des pouvoirs réflecteurs au moyen du microscope, le nombre des mesures peut être réduit de moitié grâce à l'emploi d'illuminateurs compensés qui transmettent, avec déviation de $\pi/2$ et sans modification, une vibration rectiligne d'azimut quelconque.

Le dispositif qui croise sur le prisme de l'illuminateur un autre prisme de même verre offre l'avantage de réaliser une excellente compensation pour tous les verres, compensation d'autant meilleure que l'indice des verres utilisés est plus voisin de $\sqrt{3}$.

PHOSPHORESCENCE. — *Verre phosphorescent. Influence de la cristallisation.* Note de M. **Maurice Curie**, présentée par M. Jean Perrin.

Comme tous les verres, le borate de zinc $2B^2O^3, 3ZnO$ peut présenter l'état vitreux et l'état cristallin. Mais Le Chatelier ([1]) a montré que l'on peut parfaitement séparer ici les cristaux par attaque dans l'acide chlorhydrique concentré.

Dernièrement P. Mondain-Monval et R. Pâris ([2]) ont précisé les conditions d'obtention de l'état cristallin avec ce verre.

Suivant leur technique, j'ai préparé deux échantillons de borate de zinc renfermant 1,5/1000 d'oxyde de manganèse. L'un était presque uniquement constitué par des cristaux; l'autre, vitreux, ne contenait que des traces de cristaux.

Alors que l'échantillon à l'état vitreux ne présentait qu'une luminescence douteuse, l'échantillon cristallin montrait une très vive luminescence jaune remarquablement durable (excitation ultraviolette). De plus,

---

([1]) *Comptes rendus*, **113**, 1891, p. 1034.

([2]) *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 2075.

le faible résidu cristallin d'attaque chlorhydrique du produit vitreux était aussi fortement phosphorescent.

A ma connaissance, il n'avait pas encore été signalé de verres phosphorescents; de plus, la fluorescence bien connue des verres est beaucoup plus faible que celle de ces échantillons cristallins.

Ces essais, qui sont poursuivis, confirment l'importance de la structure cristalline qu'il est indispensable d'envisager à côté du facteur chimique (formation d'ions complexes).

Le facteur cristallin peut avoir des rôles multiples, en particulier, du fait de l'existence des champs interioniques intenses du réseau : modifier les niveaux énergétiques de l'ion actif, retenir l'électron détaché d'un centre luminogène à l'écart de sa position normale (phosphorescence), permettre à l'ion actif de se placer dans le réseau comme dans une sorte de cavité (Smekal, E. Tiede), intervention de tensions, de distorsion etc.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Points de fusion et densités des orthoarséniates alcalino-terreux tribasiques.* Note de M. **Henri Guérin**, présentée par M. Georges Urbain.

Nous avons indiqué [1] que les orthoarséniates tricalcique, tristrontique et tribarytique ne manifestaient aucune décomposition lorsqu'on les portait dans le vide jusqu'à 1200°. Nous avons constaté depuis, que ces sels pouvaient être chauffés sans décomposition jusqu'à leur point de fusion, situés respectivement aux environs de 1450, 1650 et 1600°. Nous avons déterminé ceux-ci avec précision en opérant de la façon suivante :

De l'arséniate tricalcique pur est moulé en comprimés cylindriques de 12^{mm} de diamètre et d'environ 12^{mm} de haut, par compression, à l'aide d'un piston en verre, de l'arséniate placé dans un tube de verre. Ces comprimés sont portés dans le vide à 1100°. Trois de ces cylindres sont posés dans une nacelle de platine que l'on introduit dans un tube de quartz, placé lui-même dans la chambre de chauffe d'un four tubulaire horizontal à résistance de carbone. Le tube est parcouru par un courant d'azote sec afin d'éviter la diffusion à travers le quartz de l'oxyde de carbone présent à l'intérieur du four.

Les températures étant déterminées à l'aide d'un pyromètre optique, on

(1) *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 1210 et 202, 1936, p. 225.

porte l'arséniate à 1400°. A cette température, on constate un retrait considérable de l'ordre de 30 à 35 pour 100. On place l'un sur l'autre deux cylindres ayant subi ce retrait de façon que la partie supérieure du cylindre résultant dépasse le bord de la nacelle et puisse être observée dans la lunette. Le régime de chauffe du four est tel que la température s'élève de 10° en 10 minutes. Dans ces conditions il y a homogénéité de température entre la nacelle et la masse du sel. Le phénomène de fusion s'observe très facilement et l'on note la température à laquelle il se produit.

Les arséniates tristrontique et tribarytique ont été soumis à des essais comparables.

Trois déterminations opérées sur chacun de ces sels nous ont conduit aux points de fusion suivants :

$(AsO^4)^2Ca^3$........................	$1455^\circ \mp 5^\circ$
$(AsO^4)^2Sr^3$........................	1635 ∓ 5
$(AsO^4)^2Ba^3$........................	1605 ∓ 5

Les produits obtenus sont parfaitement fondus; ils ont l'aspect de masses cristallines blanches dont nous avons déterminé la densité, à l'aide de l'appareil de Bedel ([1]), ainsi que la dureté, évaluée par rapport à l'échelle de Mohs.

	D_0.	Dureté.
$(AsO^4)^2Ca^3$................	$3,620 \pm 0,012$	5,5
$(AsO^4)^2Sr^3$................	$4,601 \pm 0,023$	3,5
$(AsO^4)^2Ba^3$................	$5,095 \pm 0,028$	3,5

Nous n'avons trouvé aucune donnée antérieure concernant l'ensemble de ces déterminations.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Fluorescence de quelques corps purs.* Note ([2]) de MM. **Étienne Canals** et **Pierre Peyrot**, présentée par M. Marcel Delépine.

Nous avons indiqué ([3]) le moyen de déterminer le taux de fluorescence relative à la lumière diffusée et donné quelques résultats.

De ce premier ensemble de recherches il résulte que tous les composés

---

([1]) *Ann. de Chim.*, 10e série, 20, 1933, p. 454.

([2]) Séance du 3 novembre 1936.

([3]) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 746 et 1992; 201, 1935, p. 208 et 1488.

oxygénés sont fluorescents. Par contre, parmi les carbures que nous avions examinés certains étaient fluorescents, d'autres non. Aussi nous avons repris ces dernières mesures de fluorescence en poussant le plus loin possible la purification chimique des carbures examinés.

Voici nos résultats avec les facteurs de dépolarisation nouveaux trouvés, en tenant compte de la correction de convergence.

	100ρ.	$2f/I+i$.		100ρ.	$2f/I+i$.
Hexane	7,9	0	Toluène	48,0	0
Cyclohexane	5,6	0	*o*-Xylène	49,7	0
Cyclohexène	23,2	0	*m*-Xylène	50,6	0
Cyclohexadiène (1—3)	29,6	0	*p*-Xylène	56,4	0
Benzène	42,0	0			

Ainsi, de tous les corps purs étudiés par nous, seuls les composés oxygénés sont fluorescents.

D'ailleurs J. Cabannes et J. Gauzit [1], à propos de l'étude de la diffusion de la lumière par le méthane et ses homologues gazeux : éthane, butane, pentane n., hexane n., avaient déjà indiqué que la fluorescence de ces carbures, si elle existe, ne peut fausser la mesure du facteur de dépolarisation.

CHIMIE MINÉRALE. — *Les nitrites de magnésium hydratés.*

Note [2] de M. **Jean Bureau**, présentée par M. Georges Urbain.

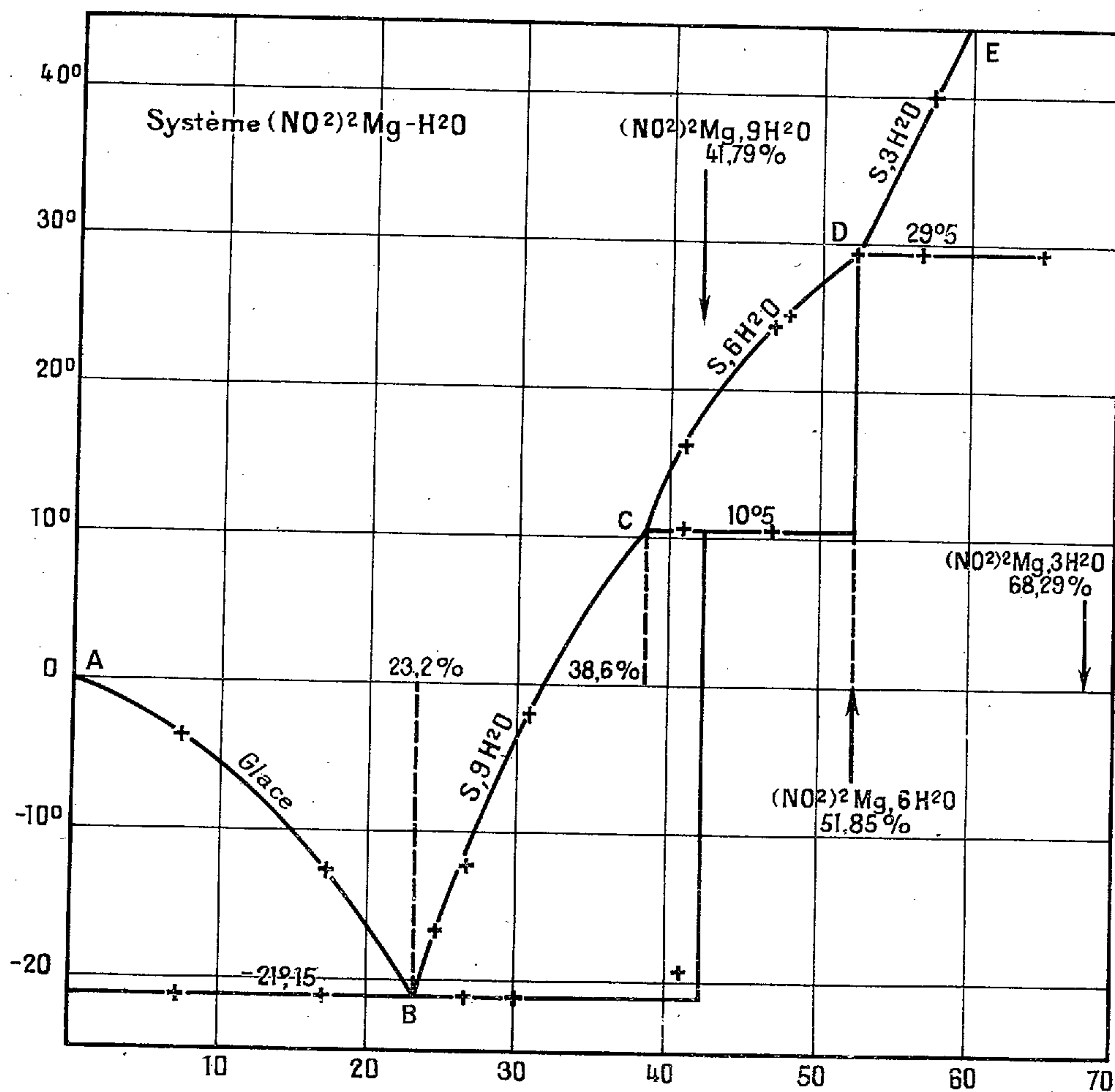
Si l'on fait réagir des vapeurs nitreuses dont le taux d'oxydation est inférieur à 50 pour 100 sur des suspensions d'hydroxyde de magnésium on obtient des solutions de nitrite de magnésium souillées de nitrate. Au contraire, à concentration égale, les solutions de nitrite de magnésium obtenues par réaction entre le nitrite d'argent et le chlorure de magnésium sont exemptes de nitrate; la présence de ce sel dans les solutions issues de la saturation par les vapeurs nitreuses n'est donc pas due à une hydrolyse, elle provient de la lenteur avec laquelle l'hydroxyde de magnésium se dissout : les acidifications locales permettent la formation d'acide nitrique qui réagit sur la base.

Les solutions diluées exemptes de nitrates peuvent être concentrées sous

(1) *Journ. Phys. et Rad.*, 6, 1925, p. 182.

(2) Séance du 3 novembre 1936.

pression réduite mais commencent à se décomposer lorsque leur concentration atteint 45 pour 100. A température ambiante la décomposition de la solution à 45 pour 100 est assez lente pour qu'on puisse séparer par refroidissement un sel hydraté $(NO^2)^2Mg, 9H^2O$ microcristallin, qui se trans-



forme à partir de 12° en l'hydrate $(NO^2)^2Mg, 6H^2O$ rhomboédrique stable jusqu'à 34°. L'hexahydrate placé dans le vide phosphorique abandonne un produit légèrement souillé de nitrate et de magnésie dont la composition globale est voisine du trihydrate déjà signalé par Lang [1]. Il est impossible d'obtenir par ce moyen un sel plus riche.

---

[1] *Annales de Poggendorf*, 18, 1863, p. 228-281.

A l'aide de sel à $6H^2O$ et à $3H^2O$ nous avons pu établir par voie d'analyse thermique le diagramme d'équilibre nitrite de magnésium-eau dont les particularités justifient le mode opératoire précédemment indiqué. L'instabilité des solutions ou du sel ne permet pas de dépasser une concentration de 65 pour 100.

Le diagramme ci-contre délimite les domaines de stabilité de l'ennéa et de l'hexahydrate, sels hygroscopiques qui n'avaient jamais été mis en évidence et que nous avons isolés.

La branche DE est difficilement accessible en raison de la décomposition rapide des solutions. La disparition progressive de la transformation péritectique de 29°,5, à peine visible pour une concentration de 65 pour 100, confirme bien l'existence du trihydrate [$(NO^2)^2Mg = 68,29$ pour 100]. La décomposition rapide qui se produit au delà de cette concentration tendrait à infirmer l'existence du dihydrate soutenue par Hampe ([1]).

La facilité avec laquelle les solutions de nitrite de magnésium restent en sursaturation explique la difficulté qu'on peut avoir eu jusqu'ici à préparer les hydrates de ce corps. L'étude du diagramme précédent permet la réalisation régulière de cette préparation.

CHIMIE MINÉRALE. — *Essai sur la constitution des niobates alcalins hydratés.* Note de M. **Pierre Süe**, présentée par M. Georges Urbain.

Les deux niobates de sodium hydratés qui m'ont servi de point de départ dans cette recherche ont pour formule : $6Nb^2O^5.7Na^2O.32H^2O$ et $Nb^2O^5.Na^2O.7H^2O$; on voit que les coefficients du premier sel n'obéissent pas à la loi des rapports simples.

En me basant, en outre, sur diverses considérations, telles que la difficulté de les déshydrater complètement ([2]), la mobilité du 1/6 de molécule Na^2O (différence des teneurs en Na^2O entre ces deux sels), j'ai tenté d'apporter quelques éclaircissements à la constitution des niobates.

J'ai tout naturellement été amené à penser qu'il devait être possible de concilier ces faits à l'aide d'un schéma relevant du type complexe imparfait ([3]). La déshydratation difficile suppose par exemple la présence de

---

([1]) *Annales de Liebig*, 125, 1863, p. 334.

([2]) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 762.

([3]) G. Urbain, *Introduction à la Chimie des complexes*, Paris, p. 17.

groupements hydroxylés solidement fixés à la molécule de niobate, et éventuellement remplaçables par des molécules Na^2O, ce qui expliquerait en outre le rapport anormal d'acide à base du premier niobate. Les deux études suivantes m'ont conduit à cette conception.

Rehydratation des niobates de sodium partiellement hydratés. — Les divers essais effectués se résument ainsi : quel que soit le nombre des molécules d'eau qui demeurent fixées sur les deux niobates de sodium après déshydratation partielle, on peut toujours (par immersion et agitation en présence d'eau), les rehydrater à leurs valeurs normales 32 et 7 H^2O. Par contre les sels anhydres ne se rehydratent pas, et sont insolubles.

Volume moléculaire des niobates de sodium différemment hydratés et anhydres. — Les VM représentés en fonction des teneurs en eau subissent des variations anormales à partir des valeurs : 1 H^2O pour le sel 1/1 [1], et 4 ou 5 H^2O pour le sel 6/7.

Interprétation. — Ces résultats suggèrent que les molécules d'eau solidement fixées doivent faire partie des molécules des niobates à un degré différent des autres molécules d'eau (d'hydratation) plus labiles. Les mesures de densités, des VM des sels, et les valeurs particulières des VM pour 1 H^2O, concourent à indiquer les nombres suivants des molécules d'eau de constitution : 4 à 5 H^2O pour le sel 6/7 et 1 H^2O pour le sel 1/1.

C'est pour traduire ces faits que j'ai isolé ces molécules d'eau spéciales, en les faisant apparaître dans les formules directement à côté du Nb^2O^5 et du Na^2O. Pour rendre la comparaison plus aisée entre les deux niobates, les coefficients du sel 1/1 ont été multipliés par 6, et de la sorte le nombre de molécules d'eau de constitution devient égal à 6, alors qu'il n'est que de 5 chez le sel 6/7. Ainsi envisagées les formules de ces sels deviennent :

$$[6\,Nb^2O^5.7\,Na^2O.5\,H^2O]\,27\,H^2O$$

$$6\times[Nb^2O^5.Na^2O.1\,H^2O]\,6\,H^2O = [6\,Nb^2O^5.6\,Na^2O.6\,H^2O]\,36\,H^2O.$$

Les faits expérimentaux qui m'ont conduit à cette conception s'interprètent alors fort bien :

1° La déshydratation devient de plus en plus difficile lorsqu'il s'agit de l'eau située à l'intérieur du complexe imparfait (en crochets), et il est nécessaire de calciner pour enlever la totalité des molécules H^2O.

2° Ces schémas traduisent l'alcalinité du sel 6/7 anhydre par substitution d'une molécule Na^2O à une molécule H^2O.

---

(1) Abréviation désignant le rapport acide/base.

3° Il y a une distinction fondamentale entre les niobates anhydres et les niobates très peu hydratés, au double point de vue rehydratation et solubilité. Les schémas précédents montrent que la rehydratation est possible tant que l'ossature subsiste même partiellement. Quand l'eau de constitution est totalement enlevée, les sels sont décomposés, ils ne reprennent plus d'eau et ils sont insolubles.

4° Le VM apparent de l'eau croît fortement lorsque la déshydratation modifie l'intégrité du complexe.

Essai de classement des niobates alcalins. — Je me suis demandé si les schémas complexes établis ci-dessus permettaient également de représenter d'autres sels, et par suite, si un type unique pouvait être mis en évidence. Une simplification dans l'écriture de tous les niobates alcalins a pu être apportée en considérant que la substitution de H^2O à Na^2O, dans les parties entre crochets conduisait à $[6Nb^2O^5.12H^2O]$, c'est-à-dire $6[Nb^2O^5.2H^2O]$ ou $6[Nb^2O^7H^4]$ (acide pyroniobique).

A partir de ces résultats, et parmi les différentes formules possibles, celle qui est le plus en accord avec mes expériences et à laquelle je me suis arrêté est $[(NbO^3)^{12}(OH)^6]H^xM^y$ avec $x+y=18$ et M désignant l'élément alcalin.

Dans le tableau suivant nous avons désigné par R la partie invariable $[(NbO^3)^{12}(OH)^6]$.

Niobates.	Rapport $\frac{\text{acide}}{\text{base}}$.	Auteur.	Formule ramenée à $6Nb^2O^5$.	Schéma proposé.
$Nb^2O^5.3K^2O.13H^2O$....	0,666	Marignac	$6Nb^2O^5.9K^2O.39H^2O$	[R] K^{18}
$Nb^2O^5.4K^2O.16H^2O$....	0,750	Marignac, Balke et Smith	$6Nb^2O^5.8K^2O.32H^2O$	[R] H^2K^{16}
$Nb^2O^5.4Rb^2O.14H^2O$...				
$Nb^2O^5.4CaO.14H^2O$....				
$Nb^2O^5.7Na^2O.32H^2O$...	0,857	Marignac, Balke et Smith, Bedford	$6Nb^2O^5.7Na^2O.32H^2O$	[R] H^4Na^{14}
$Nb^2O^5.7K^2O.27H^2O$....				
$Nb^2O^5.7Li^2O.26H^2O$...				
$Nb^2O^5.7CaO.30H^2O$...				
$Nb^2O^5Na^2O.7H^2O$.......	1	Rose, Balke et Smith	$6Nb^2O^5.6Na^2O.42H^2O$	[R] H^6N^{12}
$Nb^2O^5K^2O$..............				
$Nb^2O^5.3Rb^2O.9,5H^2O$..	1,333	Balke et Smith	$6Nb^2O^5.4,5Rb^2O.14,25H^2O$	[R] H^9Rb^9
$Nb^2O^5.K^2O.5,5H^2O$....	2	Santesson et Russ	$6Nb^2O^5.3K^2O.16,5H^2O$	[R] $H^{12}K^6$
$Nb^2O^5.K^2O.5H^2O$......	3	Marignac	$6Nb^2O^5.2K^2O.10HO$	[R] $H^{14}K^4$

On voit que tous les niobates se représentent bien par cette écriture.

Dans les deux sels qui nous ont amené à ces conclusions, l'eau de constitution figurée par les groupements (OH) est mise ainsi en relief, et la différence entre ces deux formules fait bien apparaître la substitution

de $1^{mol} H^2O$ par $1^{mol} Na^2O$. Le passage du niobate 1/1 au sel 6/7 par remplacement de deux atomes H par deux atomes Na est également plus apparent. La solution du métaniobate additionnée de soude donne effectivement par cristallisation le niobate 6/7.

CHIMIE MINÉRALE. — *Étude des solutions solides du sulfure ferreux avec le soufre, le sélénium et l'arsenic.* Note de M. **André Michel**, présentée par M. Georges Urbain.

Nous avons déjà signalé [1] que le sulfure de fer peut former avec un certain nombre d'éléments, métaux et métalloïdes, des solutions solides étendues qui se classent en deux groupes : les unes sont analogues au sulfure ferreux : ce sont des ferromagnétiques faibles possédant un point de Curie vers 600°; les autres présentent à basse température, la transformation réversible de la pyrrhotine : ce sont des ferromagnétiques forts qui peuvent être, à la suite d'une trempe, maintenus à la température ordinaire sous leur état paramagnétique stable à chaud.

Nous avons constaté qu'une très petite quantité de métalloïde entrant en solution dans le sulfure de fer pur suffit pour faire apparaître les propriétés de la pyrrhotine. Il était donc intéressant d'étudier les variations des propriétés magnétiques et structurales de ces solutions solides en fonction de la teneur en élément d'addition.

Les solutions solides étudiées sont préparées en homogénéisant dans le vide des quantités soigneusement pesées de sulfure de fer pur et de métalloïde. Les analyses thermomagnétiques sont faites sur le sulfure chauffé dans le vide dans une très petite ampoule en verre pyrex.

Nos principaux résultats sur les solutions solides limites sont résumées dans le tableau suivant :

Nature de l'addition.	Teneur (en %) de l'élément d'addition à la limite du type FeS.	Caractères de la solution solide limite de FeS avec S ou Se ou As.				
		Teneur (en %) de l'élément d'addition.	Formule en atomes.	Température du point de transformation.	Paramètres, état recuit.	
					a.	c.
S.....	≦0,01	6	$6FeS + S$	320°	3,41	5,69
Se...	0,1	13	$6FeS + Se$	250	3,45	5,78
As...	≦0,01	7	$12FeS + As$	285	3,41	5,72

(1) André Michel et Georges Chaudron, *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 1913; André Michel, *Bull. Soc. Chim. de France*, 5e série, **2**, 1935, p. 2074 et **3**, 1936, p. 542.

Au point de vue magnétique, lorsque la teneur en addition augmente, les solutions solides conservent tout d'abord les caractères de FeS : la température du point de Curie s'abaisse légèrement, tandis que l'aimantation croît rapidement. Puis apparaît brusquement aux teneurs très petites indiquées sur le tableau, le type pyrrhotine. La discontinuité se traduit par une forte augmentation de l'aimantation et par l'apparition du point de transformation allotropique. La température du point critique croît jusqu'à la limite de solubilité.

Au point de vue de la structure, l'examen des diagrammes Debye-Scherrer ne montre pas de modifications essentielles du type cristallin. Dans la zone voisine de FeS, les paramètres croissent légèrement à partir des valeurs du corps pur. Pour les *pyrrhotines* considérées sous la forme ferromagnétique, il y a diminution des paramètres en fonction de la teneur croissante en élément d'addition. Au contraire dans l'état trempé paramagnétique, c'est une augmentation qu'on enregistre.

Il est important de constater que la courbe de variation des paramètres des solutions trempées du type pyrrhotine semble prolonger celle des paramètres des solutions du type FeS, ou du moins, on peut affirmer que cette courbe a comme origine le point correspondant au sulfure de fer pur.

Une étude approfondie des diagrammes de grande précision ([1]) permet toutefois de saisir de petites différences dans l'aspect et l'intensité des raies correspondant aux bases du prisme orthorhombique. Ces raies, floues dans le sulfure pur, se dédoublent dans les pyrrhotines ferromagnétiques tandis qu'elles sont simples dans la forme pyrrhotine paramagnétique.

La composition de la solution solide, rapportée à l'atome de métalloïde, s'exprime par $6\,FeS + X$: l'arsenic donne un rapport double : $12\,FeS + As$; il faut remarquer qu'il n'appartient pas à la même colonne de la classification de Mendeleef que le soufre et le sélénium.

Si l'on considère que l'arrangement cristallin du sulfure ferreux est lâche, on peut admettre avec Hägg ([2]) que ces solutions solides prennent naissance par insertion d'atomes dans les vides du réseau initial. Le rôle du rayon atomique semble ici prépondérant. Comme nous venons de le montrer, les atomes métalloïdiques doués d'un rayon atomique important modifient donc, à partir d'une certaine teneur d'ailleurs faible, les propriétés magnétiques et structurales du sulfure ferreux et provoquent l'apparition

---

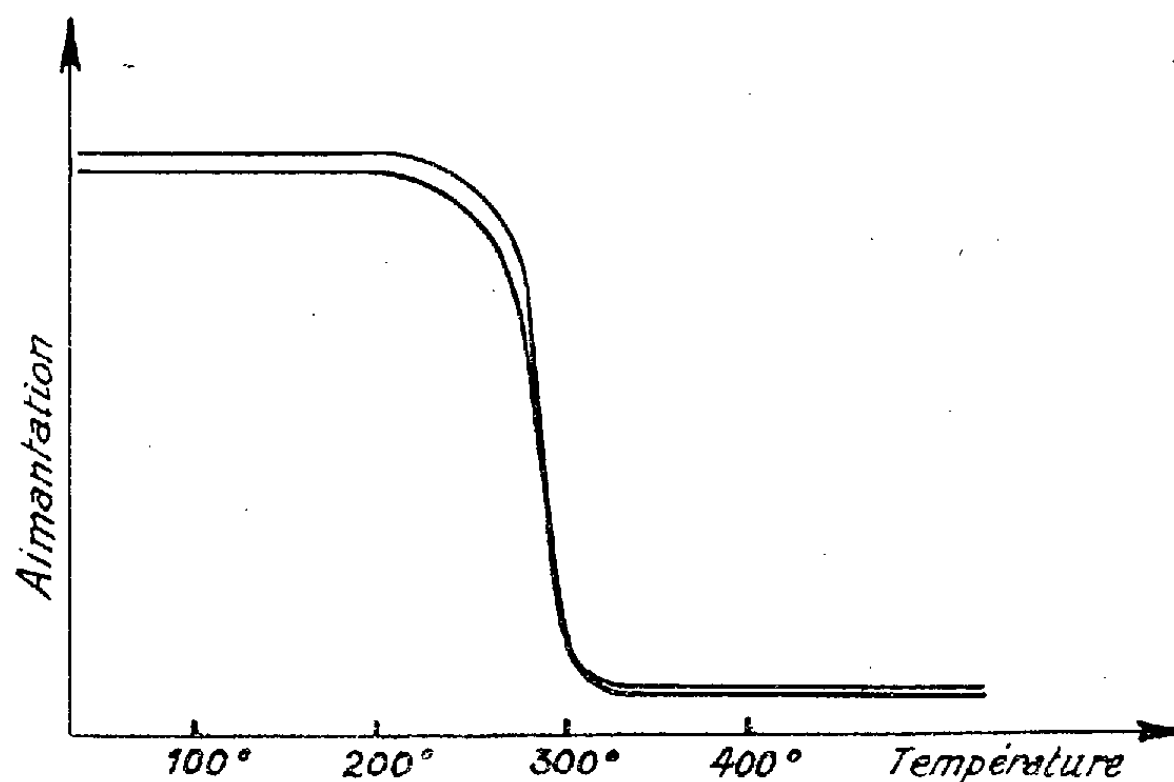
([1]) En collaboration avec M. Fernand Fournier.

([2]) Hägg et Sucksdorff, *Zeits. Phys. Chem.*, 22 B, 1933, p. 444.

des pyrrhotines. Au contraire, l'insertion d'atomes métalliques à faible rayon atomique n'apporte que de légères perturbations et son rôle n'a d'autre effet que d'exalter d'une façon continue les caractères du sulfure ferreux.

CHIMIE MINÉRALE. — *Réduction de l'anhydride borique par le manganèse.* Note de M. **Hubert Forestier** et M[lle] **Myriam Graff**, présentée par M. G. Urbain.

Les combinaisons du bore et du manganèse ont été préparées, à partir des composés oxygénés du bore, dans des conditions telles que l'on supposait nécessaire l'intervention d'un réducteur énergique (carbone au four électrique, aluminothermie) (¹) ou de l'électrolyse (²). Nous allons montrer



que l'on peut effectuer cette préparation plus simplement, le manganèse jouant lui-même le rôle de réducteur vis-à-vis de l'anhydride borique.

En fondant du manganèse sous une couche de borax ou d'anhydride borique, nous avons constaté qu'une réaction se produisait entre le métal et le fondant à partir de 900° et que le produit obtenu en fin d'expérience

(¹) Binet du Jassoneix, *Thèse*, Paris 1909; Wedekind, *Ber. chem. Ges.*, 38, 1905, p. 1228 et 40, 1907, p. 1259; Troost et Hautefeuille, *Ann. chim. Phys.*, 5ᵉ série, 9, 1876, p. 56.

(²) L. Andrieux, *Thèse*, Paris, 1929.

se présentait sous la forme de fines aiguilles, fragiles, à aspect métallique, et fortement attirables à l'aimant. L'analyse thermomagnétique de ces aiguilles met en évidence un point de Curie à 300° (voir figure); nous sommes donc en présence d'une substance ferromagnétique qui ne peut être qu'un borure de manganèse; l'analyse de ce produit conduit, en effet, à la formule MnB. Ces résultats ont été vérifiés sur un échantillon de manganèse Hilger spectroscopiquement pur. Les propriétés chimiques de ce composé sont analogues à celles antérieurement décrites par L. Andrieux pour un borure préparé par voie életrolytique [1].

Lorsque le manganèse utilisé renferme du fer, cas très fréquent, la température du point de Curie de MnB peut s'élever notablement au-dessus de 300°, indice probable de la formation d'une solution solide.

Ces résultats montrent que le manganèse réduit déjà l'anhydride borique à une température inférieure à 1000°, s'unissant au bore pour former un borure ferromagnétique de formule MnB [2]. Remarquons enfin, au point de vue pratique, que le borax ne peut donc pas être utilisé comme fondant pour les alliages à fortes teneurs en manganèse.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la formation des carbures de chrome.* Note [3] de M. **Roger Testut**, présentée par M. Georges Charpy.

Les résultats souvent contradictoires obtenus jusqu'ici dans l'étude des carbures de chrome tiennent sans doute en grande partie à ce que ces composés ont été généralement obtenus par voie analytique, en les extrayant d'alliages chromés où ils entraient en petite quantité, à côté d'autres produits difficiles à séparer chimiquement, par suite de leur faible réactivité.

Il nous a semblé intéressant de rechercher dans quelles conditions il était possible d'obtenir ces carbures par voie synthétique, en opérant de façon à n'avoir en excès que des produits carbonés faciles à séparer.

Dans une première série d'expériences, nous avons chauffé, dans un four à haute fréquence, à des températures comprises entre 1200° et 2000°, des mélanges de chrome finement pulvérisé, avec un excès de carbone.

Par chauffage au-dessus de 1700°, le chrome paraît se transformer inté-

---

(1) L. Andrieux, *loc. cit.*

(2) L'étude de la structure cristalline et des propriétés magnétiques du borure MnB viennent d'être publiées par MM. R. Hocart et Fallot.

(3) Séance du 9 novembre 1936.

gralement en un produit défini auquel l'analyse conduit à attribuer la formule Cr^3C^2, déjà observée par Moissan dans l'un des produits obtenus avec l'arc électrique. Ce carbure est inoxydable au-dessous de 1000°. On le sépare de l'excès de carbone par chauffage à 900° dans un courant d'oxygène. Il est insoluble dans l'acide chlorhydrique concentré à chaud. Il se volatilise partiellement quand le chauffage a lieu au-dessus de 1900° et se condense en petits cristaux dans les parties froides du four.

Au-dessous de 1700°, il semble qu'un autre carbure prenne naissance en même temps que le Cr^3C^2 et, à partir de 1500°, ce deuxième carbure est seul à se former; il se différencie de Cr^3C^2 par sa solubilité dans l'acide chlorhydrique concentré; il est, d'autre part, insoluble dans l'acide dilué au 1/10ᵉ et inoxydable au-dessous de 1000°.

Ce carbure paraît correspondre à la formule Cr^5C^2, les résultats analytiques moyens de plusieurs essais étant les suivants :

Teneur pour 100................	Observée.	Calculée pour Cr^5C^2.
Cr..............................	91,3	91,55
C...............................	8,7	8,45

Au-dessous de 1400°, on voit apparaître dans les produits de la réaction du sesquioxyde de chrome, en proportion croissante lorsque la température diminue; la réaction se rapproche alors de celle de l'oxyde de carbone sur le chrome, dont l'étude faite aux environs de 1000° par M. Charpy, avait permis d'observer la formation de sesquioxyde de chrome en même temps qu'un dépôt de carbone (¹) et sur laquelle nous reviendrons.

Pour étudier la carburation du chrome au-dessous de 1400° nous avons cherché à éviter l'oxydation qui vient d'être signalée en opérant par chauffage du chrome dans un courant d'acétylène. Le produit obtenu, après élimination d'une petite quantité de carbone libre due à la décomposition de l'acétylène, possède exactement la même composition et présente les mêmes caractères que le carbure assimilé plus haut au composé Cr^5C^2.

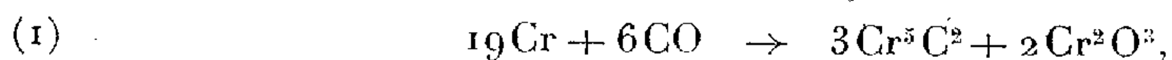
Nous avons d'autre part étudié l'action de l'oxyde de carbone sur le chrome jusqu'à 1500°, température maximum imposée à nos essais par l'attaque rapide des réfractaires par le chrome à partir de cette valeur.

A 1500° comme aux températures inférieures, on observe une absorption intégrale de l'oxyde de carbone par le chrome sans aucun dégagement de gaz carbonique. A 1500°, la transformation est totale en moins de

(¹) *Comptes rendus*, 148, 1909, p. 560.

30 minutes, 1^g de chrome fixant $0^g,170$ d'oxyde de carbone. L'examen microscopique du produit permet de distinguer des grains verts d'oxyde de chrome et des grains de carbures très durs et d'aspect métallique; son analyse, qui établit l'absence de carbone libre, est donnée par la colonne de gauche du tableau ci-dessous.

La réaction peut être interprétée par la formule



(1) $$19\,Cr + 6\,CO \rightarrow 3\,Cr^5C^2 + 2\,Cr^2O^3,$$

la composition théorique du deuxième membre de l'équation étant indiquée dans la colonne de droite du tableau.

Teneur pour 100.......	Observée.	Calculée pour la réaction (1).
Cr.....................	85,0	85,48
C......................	6,3	6,22
O......................	8,7 (par différence)	8,30

Entre 1500° et 1350°, la réaction donne exactement les mêmes produits mais sa vitesse diminue; à 1350°, une heure environ est nécessaire pour que la transformation soit complète.

Au-dessous de 1350° la réaction est intermédiaire entre celle indiquée plus haut et celle signalée par M. Charpy à 1000°, c'est-à-dire qu'il se forme à la fois du sesquioxyde, un carbure et un dépôt de carbone. La vitesse de réaction décroît d'ailleurs très rapidement : à 1100° l'absorption de l'oxyde de carbone est terminée après 4 heures de chauffage tandis qu'à 1000° M. Charpy a montré qu'après 42 heures on peut encore distinguer des particules de chrome intactes dans le mélange (1).

ACTINOMÉTRIE. — *Sur la comparaison des pyrhéliomètres.* Note de M. **Charles-Émile Brazier**, présentée par M. Charles Maurain.

L'influence exercée par la transparence de l'atmosphère sur le rapport des intensités de la radiation solaire mesurées simultanément par deux pyrhéliomètres munis de tubes à diaphragmes d'ouvertures différentes (2) résulte vraisemblablement de l'action parasite du rayonnement diffusé par les régions du ciel qui avoisinent le Soleil.

Les mesures rapportées ci-dessous confirment cette manière de voir et

(1) *Revue de Métallurgie*, 6, 1909, p. 512.
(2) C.-E. Brazier, I. Masel et R. Guilhen, *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 644.

permettent d'interpréter les résultats assez peu concordants obtenus dans ces dernières années par la comparaison en montagne des pyrhéliomètres à disque d'argent et des pyrhéliomètres d'Angström. Elles ont été faites en juin et en juillet 1934 à l'Observatoire de l'Institut de Physique du Globe au Parc Saint-Maur en employant simultanément les instruments suivants :

1° un pyrhéliomètre à disque d'argent S.I.40; ouverture 20°,6;

2° un pyrhéliographe à pile de Moll, ouverture 17°,1;

3° un pyrhéliographe à pile de Moll, ouverture 19°,3, pouvant être ramenée à 16°,0 par l'adjonction d'un anneau au diaphragme le plus éloigné de la pile *sans modifier le faisceau de rayons solaires directs admis sur cette dernière.*

Les deux pyrhéliographes étaient étalonnés au moment de chaque mesure à l'aide du pyhéliomètre S.I.40. L'instrument II, fonctionnant à ouverture constante, servait à déterminer les intensités I_1 que l'instrument III aurait enregistrées à grande ouverture pendant les intervalles où il fonctionnait à ouverture réduite et enregistrait I_2.

Hauteur du Soleil :										
57,3	53,2	59,1	58,1	45,3	45,6	49,1	49,4	25,0	24,4	29,2
Coefficient apparent de transparence :										
0,73	0,64	0,48	0,24	0,65	0,56	0,48	0,32	0,77	0,72	0,70
I_2/I_1 :										
0,987	0,987	0,981	0,907	0,989	0,975	0,947	0,914	0,987	0,981	0,970
Nombre d'observations :										
5	4	1	2	8	3	1	1	1	2	3

Ces mesures montrent : 1° que pour les transparences regardées comme excellentes dans les stations de plaine (coefficient apparent de transparence, p, compris entre 0,70 et 0,80) une réduction d'ouverture de l'ordre de 3° amène dans les indications d'un pyrhéliomètre dont l'ouverture est de 19° une baisse de l'ordre de 1 pour 100; 2° que cette baisse paraît d'autant plus importante, à hauteur constante du Soleil, que p est plus petit, et, à p constant, que la hauteur du Soleil est plus faible ou, mieux, que l'épaisseur atmosphérique traversée par les rayons solaires est plus grande.

Il faut donc reconnaître que, dans la pratique courante, deux pyrhéliomètres ne mesurent la même grandeur physique que si, toutes choses égales d'ailleurs, leurs ouvertures sont exactement les mêmes. Il en résulte :

1° Que la comparaison d'un pyrhéliomètre secondaire à un étalon d'ou-

verture différente conduit, suivant que le premier a une ouverture plus grande ou plus petite que celle du second, à un coefficient pyrhéliométrique *apparent* plus petit ou plus grand que le coefficient pyrhéliométrique vrai. Un pyrhéliomètre secondaire ne peut donc reproduire l'échelle d'un pyrhéliomètre absolu que si son ouverture est identique à celle de ce dernier.

2° Que deux pyrhéliomètres secondaires d'ouvertures différentes étalonnés par comparaison avec le même instrument *dont l'ouverture est maintenue invariable* ne donnent des indications concordantes que pour une certaine valeur p_0 du coefficient apparent de transparence. Lorsque $p > p_0$, l'instrument qui possède l'ouverture la plus faible donne les indications les plus élevées; c'est le contraire que l'on constate lorsque $p < p_0$ (¹). Les comparaisons effectuées entre deux pyrhéliomètres pourvus de tubes à diaphragmes d'ouvertures et de formes différentes ne valent donc, avec une précision de l'ordre de quelques millièmes, que pour les conditions atmosphériques dans lesquelles elles ont été réalisées et pour les tubes à diaphragmes utilisés pendant les mesures.

Si l'on veut comparer les échelles de deux pyrhéliomètres absolus, il faut, ou bien munir les deux instruments de tubes à diaphragmes géométriquement semblables, ou bien, si la disposition des récepteurs ne le permet pas, se résigner à faire une série de comparaisons systématiques en tenant compte lors de chaque mesure de la transparence de l'atmosphère ou en déterminant chaque fois l'erreur due à la radiation diffusée. Ces opérations pourraient sans doute être facilitées et abrégées en effectuant les comparaisons à des altitudes progressivement croissantes et en employant des tubes à diaphragmes à ouverture variable. La variation du rapport des indications des deux instruments en fonction de l'ouverture et de la transparence étant ainsi déterminée, il serait vraisemblablement possible de trouver par extrapolation la valeur que prendrait le rapport des deux échelles si les deux instruments absolus étaient munis de tubes à diaphragmes éliminant complètement la radiation diffusée.

(¹) Cette conclusion est vérifiée par la comparaison, actuellement en cours à l'Observatoire du Parc Saint-Maur, des pyrhéliomètres à disque d'argent S. I. 40 (ouverture 20°,6) et S. I. 68 (ouverture 10°,6). La concordance des indications s'observe pour p voisin de 0,70.

BOTANIQUE. — *Corrélation entre l'allongement du fruit et le développement des graines chez la Giroflée* (Cheiranthus Cheiri *L.*). Note de M. **Roger Ulrich**, présentée par M. Marin Molliard.

Lorsque la croissance des fruits de Giroflée est terminée, on peut constater d'ordinaire que les siliques étagées le long d'une inflorescence sont de dimensions très variables. Ces différences s'expliquent en partie par le fait que les fruits ont pris naissance successivement, donc dans des conditions de milieu variables (chaleur et humidité du sol notamment). Cependant, la transformation de pourcentages inégaux d'ovules en graines paraît être le principal facteur de ces variations de taille.

En comptant les graines évoluées et les ovules avortés dans des fruits dont l'accroissement était terminé, j'ai constaté que les fruits les plus longs sont ceux qui renferment le plus de graines développées; le nombre total des ovules, évolués ou non, est à peu près constant et voisin de vingt par loge quelle que soit la taille finale des valves. Le tableau ci-dessous indique de façon simplifiée les nombres de graines développées rencontrés dans les 75 fruits étudiés :

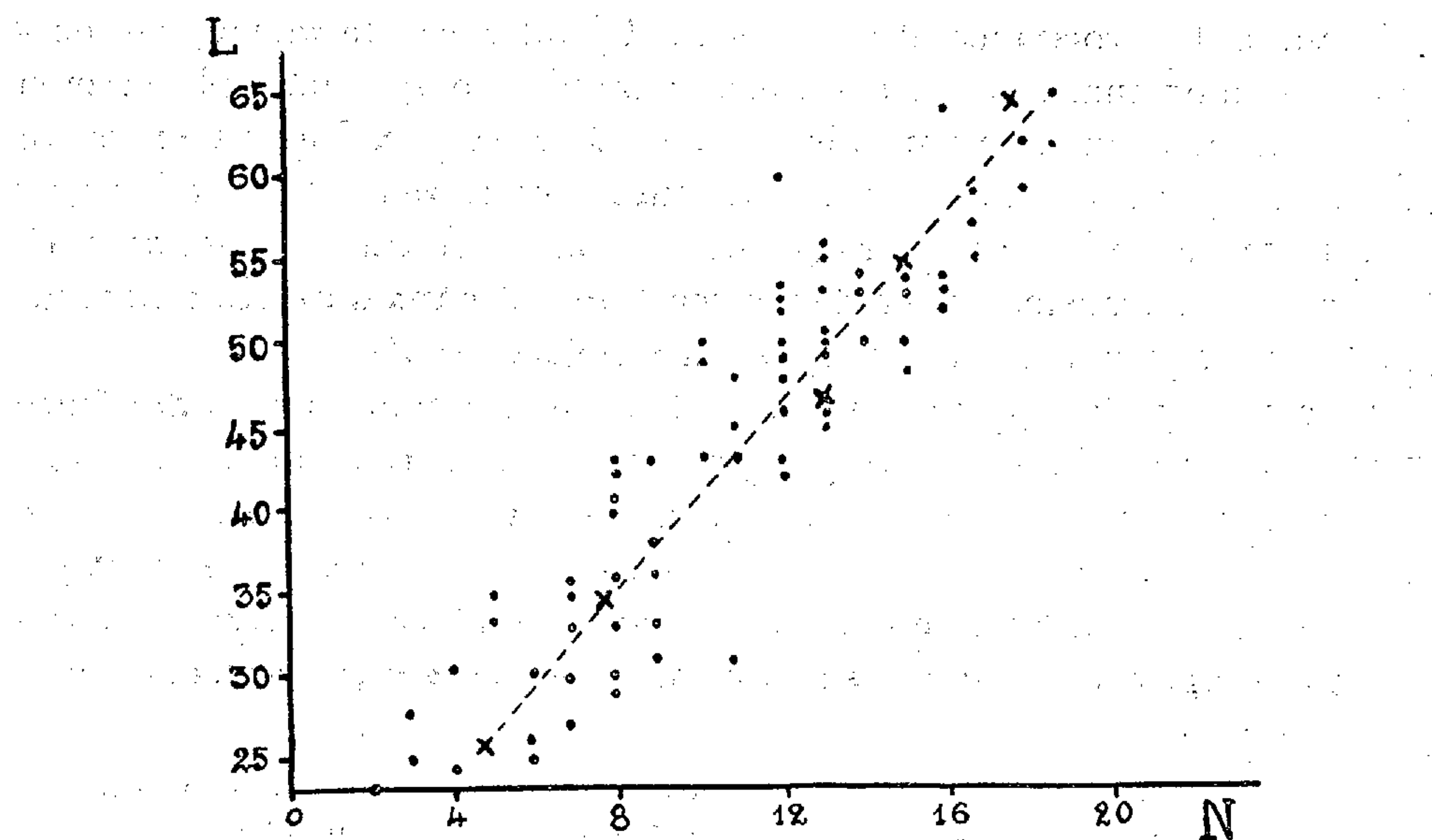
Longueur des valves.	Nombre de graines dans une loge (1).	Moyenne arithmétique des nombres de graines.
mm 21 à 30	2 à 8	4,8
31 à 40	4 à 11	7,6
41 à 40	8 à 15	13
51 à 60	10 à 18	14,8
61 à 70	16 à 19	17,7

Si l'on porte sur un graphique tous les résultats observés (longueurs et nombres de graines correspondants), les points obtenus sont situés dans une bande assez large, comme on peut le voir ci-dessous. Si l'on classe les fruits en cinq groupes d'après leur longueur comme dans le tableau précédent, on peut établir pour chacun d'eux la moyenne arithmétique des longueurs et celle des nombres de graines, puis porter les valeurs sur le graphique : les points obtenus sont en ligne droite.

Il y a donc proportionnalité entre la longueur finale des loges et le

(1) Les nombres de graines sont généralement très voisins dans les deux loges d'un même fruit.

nombre des graines évoluées. Pour une silique en cours de croissance, le potentiel d'allongement est par conséquent fonction du nombre de graines en voie de développement, c'est-à-dire, probablement, du nombre d'ovules fécondés. Cette corrélation ne correspond pas à un allongement passif



du fruit sous la poussée des jeunes graines, car il existe fréquemment de grands intervalles entre des graines successives.

Ces observations permettent donc de supposer que les graines en voie de développement exercent une action stimulante sur la croissance du péricarpe.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Études de cytologie expérimentale : les chromoplastes des Renoncules.* Note de M. **Jean Beauverie**, présentée par M. Alexandre Guilliermond.

Nous résumons ici quelques-uns des résultats obtenus au cours de recherches qui feront l'objet de publications détaillées avec figures.

Nous avons décrit les chromoplastes xanthophylliens des pétales d'un certain nombre d'espèces de Renoncules et de quelques autres Renonculacées. Leur forme est constante pour une espèce donnée et différente d'une

espèce à l'autre; elle présente donc un réel intérêt pour la Systématique. D'autre part, une légère perturbation expérimentale peut montrer le passage de la forme du chromoplaste de telle espèce à la forme de telle autre. La forme de ces organites est évidemment liée à la viscosité du cytoplasme et à d'autres caractères des colloïdes cytoplasmiques, elle exprime un certain état d'équilibre intra-cellulaire qui est un caractère très important de la cellule. Ces transformations peuvent contribuer à mettre sur la voie de l'évolution normale des formes de ces organites et des plantes qui les renferment.

La variété des formes de ces chromatophores, leurs caractères morphologiques parfois très accusés, leur belle couleur jaune qui facilite l'observation vitale, nous ont paru les désigner très spécialement comme test pour l'étude des modifications de l'état colloïdal d'un composant cytoplasmique. Les connaissances acquises nous permettront de poursuivre l'étude des chloroplastes, d'un plus grand intérêt pratique, mais plus difficile. Le but lointain de ces recherches est d'aider à reconnaître la perturbation qu'entraîne la présence d'un parasite intra-cellulaire dans la structure colloïdale de la cellule-hôte, et, par suite, l'étude de l'immunité.

Nous avons procédé à une série d'interventions expérimentales dans le but de suivre les variations d'état des constituants colloïdaux de la cellule, en prenant le cas particulier des chromoplastes. Nous avons étudié notamment les actions suivantes : éther, chloroforme, saponine, lécithine, oléate de sodium, acide chlorhydrique, ammoniaque, eau distillée, pression osmotique, pression mécanique, température, flétrissement. Chacune fera l'objet d'une publication détaillée avec figures. A l'état normal, l'apparence de ces plastes est celle d'un gel optiquement vide, soit d'un hydrogel; ils apparaissent ainsi au microscope ordinaire et à l'ultramicroscope. Sur fond noir, leur contour lumineux définit parfaitement leur forme; le corps du plaste est noir avec reflet jaune sur les bords arrondis; cet aspect se conserve assez longtemps, même si la préparation est montée dans l'eau ordinaire, à condition d'observer des cellules indemnes de toutes lésion. Le contraste est net avec les plastes de cellules lésées soit en bordure, soit sous l'effet de la manipulation; la structure apparaît alors granuleuse. Dans l'eau, se manifeste assez souvent, au bout de quelque temps, une poussière brillante à la périphérie du plaste.

Par l'effet des diverses réactions indiquées, cette homogénéité de structure se détruit progressivement et, sans entrer ici dans les détails que nous publierons ailleurs, avec figures à l'appui, indiquons que cette perturbation

s'effectue le plus souvent suivant un schéma général, avec des modalités pour les divers réactifs et aussi pour les diverses espèces.

Ce schéma comporte les étapes suivantes : 1° *Vésiculisation* ou, au contraire, *contraction* avec ou sans cavulation. Ce premier stade est d'ailleurs très rare chez ces chromoplastes à l'encontre de ce qui se produit chez les chloroplastes et plus souvent l'altération débute par le stade. 2° *Granulisation.* Ce processus, remarquablement fréquent, se produit pour une très faible action extérieure, de telle sorte que la structure granuleuse est ici toute proche de la structure normale, laquelle est homogène. Très facilement la masse du plaste montre une résolution immédiatement ou progressivement totale en granules sphériques tous égaux et uniformes. Ce phénomène semble purement physique et ne pas impliquer d'altération d'ordre chimique, chaque granule répondant à la composition du plaste primitif; la réduction de l'acide osmique ne semble pas effective et l'observation au fond noir ne permet pas de confondre ce stade avec la lipophanérose (voir plus loin). Notons que nous avons observé un phénomène analogue *in situ*, chez les chloroplastes, dans certains cas, par exemple à l'automne ou dans des tissus parasités. Ces petites *morula* peuvent, dans certaines conditions, se désagréger en leurs granules, qui se séparent en présentant le mouvement brownien; on se rend plus facilement compte alors de leur uniformité. Cet aspect est encore plus frappant sur le fond noir; ils peuvent se conserver assez longtemps sans que l'on aperçoive cette poussière neigeuse indiquant qu'ils se détruisent à leur tour et sans que l'on observe les gouttelettes brillantes qui marquent l'apparition des lipoïdes par ségrégation des constituants protéolipoïdiques du plaste. Quand elle se manifeste, on atteint alors la troisième phase : *Lipophanérose.* C'est alors que se forment des gouttelettes d'abord petites, puis grossissantes, inégales, toujours jaunes (lipochromes), plus brillantes sur le fond noir. 4° *Floculation*, coagulation en masses, qui se produit par une action plus brutale ou plus prolongée; dans le premier cas les stades de début manquent. On observe des plages amorphes, irrégulières et toujours colorées en jaune par le pigment.

Il faudrait maintenant relater les modalités particulières de l'action des divers réactifs sur les diverses espèces de Renoncules, il nous est impossible de le faire ici. Ajoutons seulement que nous avons essayé de lier les modifications de l'état colloïdal observées aux propriétés plus ou moins connues des colloïdes et nous avons attiré l'attention surtout sur : la viscosité, l'imbibition, le gonflement ou tension osmotique, la tension superficielle,

l'ionisation, la concentration ionique. Sans prétendre d'ailleurs expliquer les modifications de l'architecture cellulaire par les lois trop nombreuses de la physique actuelle, nous avons eu plutôt le souci d'apporter des faits d'observation s'ajoutant à ceux qu'elle pourrait mettre en œuvre pour son progrès.

HISTOLOGIE. — *De l'architecture comparée du cœur chez quelques Mollusques gastéropodes.* Note (¹) de MM. **R. Brunet** et **A. Jullien**, présentée par M. Félix Mesnil.

Chez les Mollusques étudiés, qui comprennent des Pulmonés (*Helix pomatia* L., *H. nemoralis* L., *H. aspersa* Müll., *H. pomatia* var. *plagiostoma* Büchner, *H. aspersa* var. : *maxima* Taylor, *Limnæa stagnalis* L; *Arion rufus* L.) et un Prosobranche (*Murex trunculus* L.), l'oreillette est construite sur un schéma à peu près uniforme : un réseau de fines travées sans direction définie, à mailles larges, caractères qui vont de pair avec une faible épaisseur de la paroi. Une exception est à relever cependant chez *Arion rufus* L., où l'on trouve des travées orientées des deux points d'abouchement de la veine pulmonaire vers la jonction auriculo-ventriculaire.

Mais, si l'on considère le ventricule, on observe des types architecturaux différents qui peuvent se ranger en une série continue allant d'un type primitif représenté par *Arion rufus* L. à un type à systématisation très poussée représenté chez les Hélicidés.

Le ventricule d'*Arion rufus* L. est constitué simplement par un solide réticulum de grosses travées qui occupe la totalité des parois, sauf en deux points placés vis-à-vis l'un de l'autre dans le tiers supérieur de l'organe, à droite du sillon auriculo-ventriculaire. Là, un certain nombre de travées principales dessinent deux éventails rudimentaires orientés dans le sens longitudinal.

Chez *Limnæa stagnalis* L., la tendance au groupement des travées en un système longitudinal superficiel, parallèle ou oblique à l'axe baso-apical de l'organe et un système transversal profond est nettement marquée. Chacun d'eux est constitué par un nombre variable de petits éventails ou de pinceaux de travées entrecroisés et inégalement développés, ayant leur origine sur le pourtour du sillon auriculo-ventriculaire pour le premier système, à

(¹) Séance du 9 novembre 1936.

divers niveaux du ventricule pour le second. Une telle structure contient ainsi ébauchés les mêmes éléments architecturaux que celle des Hélicidés.

Chez *Murex trunculus* L., le nombre des éventails est réduit à deux : un sur chacune des faces superficielle et profonde. Plus développés que chez *Arion*, il sont moins étendus vers la pointe que dans le cas des Hélicidés et ils ne couvrent pas la totalité des parois; de grosses travées longitudinales parallèles s'intercalent entre eux. Le système transversal, composé de travées de fort diamètre, reste au moins égal en importance au précédent.

Le ventricule des Hélicidés réalise le type d'organisation le plus parfait de tous les Gastéropodes examinés. La prépondérance passe au système longitudinal avec ses deux éventails inclus dans les faces superficielle et profonde et naissant au milieu de la base à hauteur du sillon auriculo-ventriculaire. Leurs branches de division régulièrement disposées et orientées arrivent jusqu'au niveau de l'apex et occupent toute la hauteur du myocarde. Une telle architecture atteint son plus haut développement chez *H. pomatia* var. *plagiostoma* Büchner et *H. aspersa* var. *maxima* Taylor; elle est plus grossière chez *H. nemoralis* L. et *H. aspersa* Müll.; elle a un aspect intermédiaire chez *H. pomatia* L.

En somme, chez les espèces observées, les travées principales tendent à constituer dans le ventricule deux groupements orientés perpendiculairement. Le système longitudinal est caractérisé par des éventails qu'on voit apparaître à l'état d'ébauche chez *Arion rufus* L., croître en importance chez la Limnée et le Murex pour devenir prépondérants et constituer chez les Hélicidés l'élément fondamental de l'architecture ventriculaire.

En notant au passage les importantes différences qui peuvent séparer la structure d'un organe comme le cœur chez des genres très voisins dans la classification zoologique (*Arion* et *Helix*), il est logique de prévoir d'après les recherches physiologiques effectuées par l'un de nous, avec H. Vairel-Blanc [1] sur l'Escargot, que cette variabilité dans l'architecture du cœur chez les Gastéropodes, abstraction faite du rôle possible des éléments nerveux chez quelques-uns d'entre eux, s'accompagnera de modifications dans certaines fonctions de l'organe. En particulier, puisque chez les Hélicidés, le point d'origine des éventails est, de préférence à tous les autres, d'une sensibilité exquise pour le déclenchement d'une contraction se propageant rapidement au ventricule entier par les travées constitutives des éventails; il est à présumer que les divers points du ventricule de Limace auront une

(1) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1307.

certaine similitude dans leur pouvoir d'automatisme et dans leurs aptitudes à convoyer la contraction et qu'entre ces deux types extrêmes, le cœur de Limnée ou de Murex aura des propriétés intermédiaires.

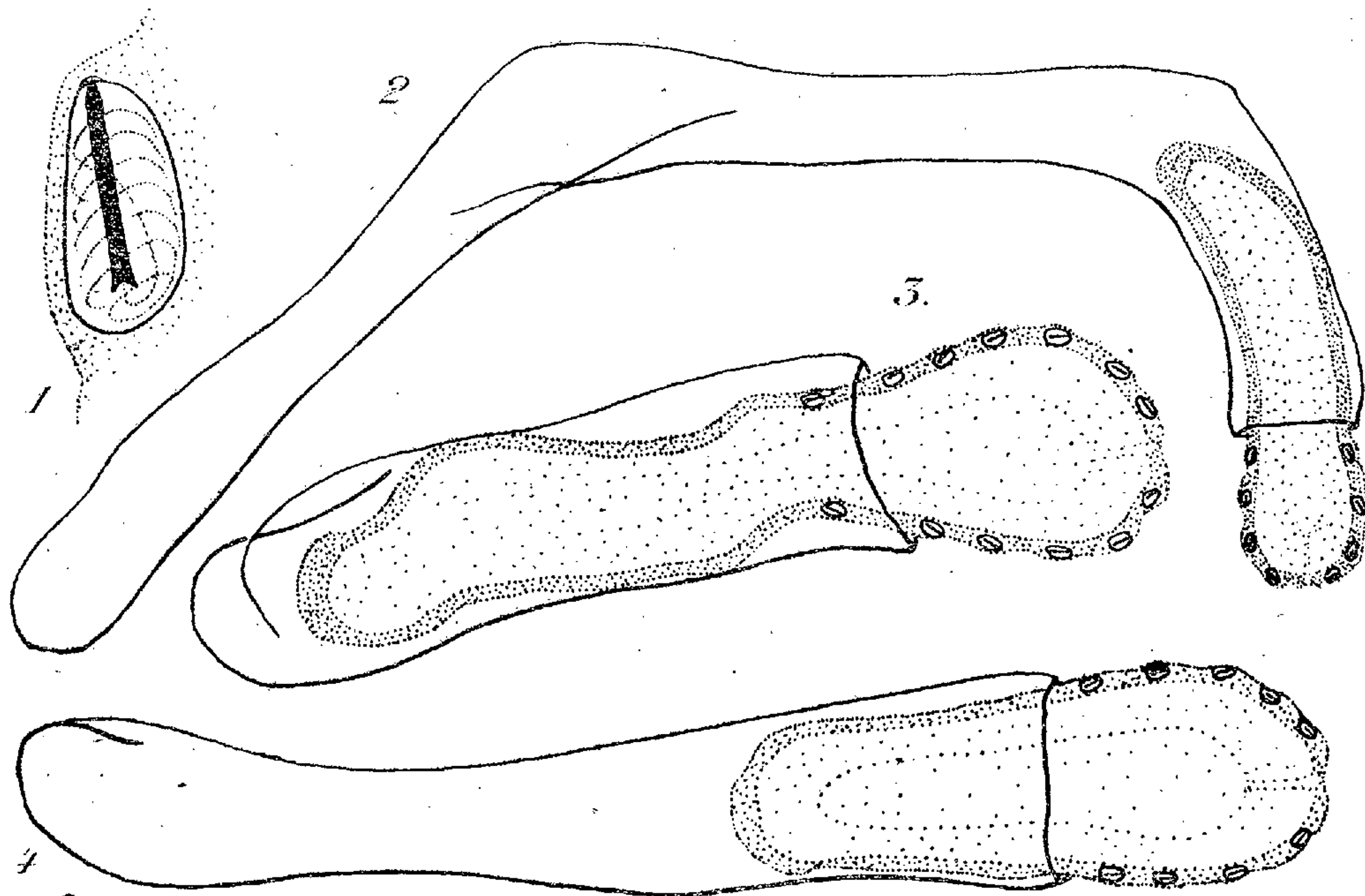
ZOOLOGIE. — *Existence de larves polypoïdes dans le cycle de la Trachyméduse* Olindias phosphorica *Delle Chiaje*. Note de M. **Robert Weill**, présentée par M. Maurice Caullery.

Les Trachyméduses *Olindiadæ* groupent une demi-douzaine de genres (*Olindias*, *Olindioides*, *Gonionemus*, *Cubaia*, *Gossea*, *Craspedacusta*) dont l'anatomie et la systématique ont été souvent étudiées; par contre, leur développement n'est connu, imparfaitement au surplus, que pour trois espèces se rangeant dans les deux genres *Craspedacusta* et *Gonionemus*. Bourne (1884), chez *Craspedacusta sowerbyi*, (forme dulcaquicole), Perkins (1902), chez *Gonionemus murbachi*, et Joseph (1925), chez *G. vindobonensis*, découvrent des larves polypoïdes fixées, capables de se multiplier asexuellement, et desquelles naissent, par bourgeonnement, ces méduses; avant que leur signification n'eût été établie, toutes ces larves avaient été rangées parmi les Gymnoblastes (Hydrides) en raison de leur anatomie : le polype de *Craspedacusta*, entièrement dépourvu de tentacules, n'est autre que la célèbre *Microhydra ryderi* de Potts; les *hydrules* de *Goniomus*, à quatre ou cinq tentacules, sont les *Haleremita cumulans*, de Schaudinn.

Mes recherches ont porté sur *Olindias phosphorica* Delle Chiaje. Des individus sexuellement mûrs furent récoltés aux îles Bermudes en août 1936. Les produits sexuels furent prélevés par dilacération des testicules et secouage des ovaires, et la fécondation réalisée expérimentalement dans des boîtes de Petri.

Vingt-quatre heures plus tard, un certain nombre d'œufs s'étaient développés en planulas, pleines, ovoïdes, assez contractiles, entièrement ciliées, et qui se déplaçaient en rampant lentement sur le fond du récipient, sans présenter jamais de nage libre. Après 14 jours, elles ont perdu leur mobilité et se fixent; une cavité gastrovasculaire, encore entièrement close et bordée de cellules endodermiques flagellées, s'est creusée dans la moitié supérieure de la petite larve. Vingt-trois jours après la fécondation, celle-ci s'est transformée en un minuscule polype, mesurant environ $250 \times 70^{\mu}$, entièrement dépourvu de tentacules, et présentant une bouche à son som-

met; dans l'ectoderme sont éparpillés des nématocystes, tous identiques (eurytèles microbasiques hétérotriches), à capsule piriforme (*fig.* 1). Chaque polype est logé, isolément, dans un tube membraneux, assez épais et réfringent, irrégulièrement cylindrique, plus ou moins dressé, et fixé au support par sa base fermée. Le polype lui semble adhérer peu solidement, sa partie supérieure renflée, qui fait saillie au dehors, y est partiellement rétractile. La longueur du tube peut atteindre le triple de celle du polype, qui n'en occupe alors que le sommet (*fig.* 2-4). L'évolution ultérieure de



Larves polypoïdes de *Olindias phosphorica*, âgées de 23 jours. *In vivo.*
Fig. 1 : × 2500; Fig. 2 : × 180; Fig. 3 et 4 : × 270.

ces larves n'a pas pu être suivie, l'élevage ayant dû être abandonné à ce moment, sans que se soit manifesté aucun signe de multiplication asexuée ou de bourgeonnement médusaire.

Ces organismes n'avaient pas encore été observés. Anatomiquement, ils se seraient rangés, comme *Microhydra* et *Haleremita*, parmi les Gymnoblastes, en dépit de leur tube membraneux, dont la comparaison avec le périderme des Calyptoblastes aurait pu être fertile en discussions. Seuls la connaissance de leur origine et les caractères de leur cnidome permettent

leur interprétation correcte. Leur découverte confirme la fragilité du caractère embryologique qui est censé définir les Trachyméduses.

Ils ressemblent à *Microhydra*, beaucoup plus qu'à *Haleremita*, tant par l'absence de tentacules que par la sécrétion d'un tube membraneux. Cependant les premiers tentacules n'apparaissent, chez le polype de *G. murbachi*, qu'après trois semaines (Perkins), c'est-à-dire à l'âge où ces observations-ci ont dû être interrompues, de sorte qu'un doute subsiste sur ce point. Quant au tube membraneux que certains auteurs (Bourne 1884, Ryder 1885, Moser 1930, Persch 1933) signalent chez *Microhydra*, il est incomparablement moins développé que chez ces larves-ci, étroitement accolé à toute la surface inférieure du polype, très difficile à voir, et probablement inconstant. Il est à remarquer que, sous réserve de ce que montrerait l'observation de stades larvaires plus âgés, *Olindias* ressemble, par sa méduse, davantage à *Gonionemus*, mais, par son polype, davantage à *Craspedacusta*.

En dehors de *Microhydra*, *Protohydra caulleryi* Dawydoff (1930), des côtes d'Indochine, est le seul polype qui ressemble à ces larves, à la fois par l'absence de tentacules et par son monocnidome, et, sa phase sexuée étant encore inconnue, je m'étais basé (1934) surtout sur ce dernier caractère pour suggérer son interprétation comme larve de Trachyméduse; on ne connaissait à ce moment aucune larve *marine*, non tentaculée, bourgeonnant des Trachyméduses. La découverte des larves d'*Olindias* apporte en faveur de mon hypothèse un argument d'autant plus suggestif que, d'après M. Dawydoff (communication orale), les méduses d'*Olindias* sont abondantes dans les eaux indochinoises. Quant à *Protohydra leuckarti*, j'ai exposé antérieurement (1934, 1935) les raisons qui obligent à l'éloigner des Trachylides.

CYTOPHYSIOLOGIE. — *Essai d'appréciation du pouvoir de catalyse d'oxydation dans la cellule vivante.* Note de M. **Philippe Joyet-Lavergne**, transmise par M. Arsène d'Arsonval.

Warburg ([1]), dans une remarquable synthèse des divers résultats apportés par ses recherches et des résultats obtenus par Keilin, trace un tableau de l'état de nos connaissances sur la respiration cellulaire. Il cons-

([1]) *Ve Conseil de Chimie*, Bruxelles, Paris, 1935, p. 320.

tate que dans l'étude de cette question il y a un domaine encore inexploré : « il doit exister encore, outre le substrat, d'autres ferments et coferments. Le problème actuel de la respiration réside dans la recherche de la nature chimique de ces catalyseurs ».

Des recherches sur la nature chimique des catalyseurs d'oxydation de la cellule nous ont apporté la conclusion suivante : « Le mécanisme de catalyse des oxydo-réductions intracellulaires s'effectue au niveau du chondriome par la collaboration de deux constituants de ce chondriome : la vitamine A et le glutathion » ([1]). Cette proposition nous paraît être une réponse au problème posé par Warburg. Nous pensons que l'étape fondamentale de la respiration cellulaire, celle qui concerne l'attaque directe du substrat, s'effectue au niveau des chondriosomes, par le mécanisme de catalyse indiqué ci-dessus.

L'étude des zones de la cellule vivante où s'effectuent les phénomènes d'oxydation a montré, chez les types cellulaires les plus divers du règne animal et du règne végétal, l'existence d'un pouvoir de catalyse d'oxydation sur les chondriosomes. Les expériences faites sont en accord avec la proposition formulée plus haut, mais elles ne donnent qu'une idée insuffisante de la puissance de catalyse d'oxydation de la cellule vivante. La plupart des réactifs que nous avons utilisés peuvent, en effet, avec un temps suffisant, subir de la part de l'oxygène de l'air un phénomène d'oxydation; or, nous savons qu'une solution de glucose ne subit de la part de l'oxygène de l'air qu'une oxydation inappréciable, tandis que cette même solution est très rapidement oxydée par la cellule vivante. Il convient donc, pour se rapprocher davantage des conditions réalisées par la cellule, d'étudier l'oxydation de réactifs qui, à l'image de la solution de glucose, ne subissent de la part de l'oxygène de l'air qu'une oxydation inappréciable. Nous avons cherché à réaliser ces nouvelles conditions expérimentales en demandant, en outre, à nos réactifs deux autres qualités : 1° ils doivent pénétrer dans la cellule sans lui causer de dommages; 2° les changements de colorations apportés par l'oxydation doivent être appréciables.

Deux réactifs répondent aux conditions exigées : la solution de chlorure cobalteux en milieu alcalin, la solution de sulfate cobalteux en milieu alcalin. Nous indiquerons ailleurs la technique de préparation de ces réactifs; notons seulement, qu'à l'image de la solution de glucose, ils ne

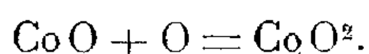
---

([1]) PH. JOYET-LAVERGNE, *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 1159.

subissent, de la part de l'oxygène de l'air, qu'une oxydation inappréciable. La solution de chlorure de cobalt utilisée est d'une couleur légèrement rose, celle de sulfate de cobalt est incolore. L'une et l'autre donnent des résultats semblables que nous allons décrire.

Le réactif utilisé pénètre dans la cellule vivante, le sel cobalteux subit alors un phénomène d'oxydation qui le transforme en sel cobaltique dont la coloration est verte. Dans les types cellulaires très variés du règne animal et du règne végétal qui ont été étudiés, la coloration verte apparaît toujours au niveau des chondriosomes et parfois dans les nucléoles. Les réactions avec les sels de cobalt permettent, en outre, de constater que les catalyses d'oxydation s'effectuent dans la cellule parfaitement vivante. Des Grégarines dont les chondriosomes se trouvent teintés en vert par l'oxydation du réactif cobalteux absorbé manifestent encore, plus d'une heure après, des signes très nets de vitalité. Dans les diverses expériences faites, la cellule vivante a donc pu réaliser, au niveau des chondriosomes, une oxydation qui exige un pouvoir de catalyse dont l'ordre de grandeur semble bien se rapprocher de celui qui est nécessaire pour oxyder la solution de glucose.

R. Bernard et P. Job (¹) ont montré, par l'étude *in vitro*, que l'oxydation des sels de cobalt en solution alcaline n'est pas une simple transformation du cobalt divalent en cobalt trivalent, mais qu'elle est du type



$$CoO + O = CoO^2.$$

Les chondriosomes de la cellule vivante, quand ils réalisent une transformation semblable, disposent vraisemblablement d'oxygène. La mobilisation de l'oxygène qui peut être nécessaire à la réalisation des réactions qui s'accomplissent au niveau des chondriosomes est assurée par les transporteurs d'oxygène.

Conclusions. — La puissance de catalyse d'oxydation du chondriome semble être suffisante pour assurer l'attaque du substrat et c'est au niveau des chondriosomes que se réalise la deuxième étape, étape fondamentale de la respiration cellulaire. La première étape dont Warburg a décrit les modalités est réalisée par les transporteurs d'oxygène.

(¹) *Comptes rendus*, 190, 1930, p. 186.

PHYSIOLOGIE DU SANG. — *Variations physiologiques du taux réticulocytaire au cours de la gestation, pendant la lactation et après l'ablactation chez la lapine.* Note de M. **Pierre Nicolle**, présentée par M. Félix Mesnil.

Le nombre des hématies réticulo-granulo-filamenteuses ou *réticulocytes*, chez la lapine adulte normale, est d'environ 175000 par millimètre cube de sang, soit un peu plus de 3 pour 100 hématies [1].

Nous avons constaté que ce nombre subissait constamment d'importantes variations au cours des états physiologiques de la gestation et du *post-partum*.

Sitôt après l'introduction d'un mâle dans la cage d'une femelle en observation, et pour peu que la fécondation de celle-ci ne soit pas immédiate, on constate une diminution assez sensible, quoique d'importance très variable, du nombre des réticulocytes. De nombreuses observations et des autopsies pratiquées pendant cette période nous ont permis de constater qu'il s'établissait une relation constante entre cette diminution du taux réticulocytaire et l'œstre, traduit par l'état congestif de la muqueuse utérine. Cette *réticulocytopénie œstrale* n'est, sans doute, que l'exagération, due à la présence du mâle, d'un phénomène périodique, difficile à saisir, chez la femelle isolée.

De la date de la fécondation, déterminée en décomptant 30 jours du jour de la mise bas, le taux réticulocytaire monte progressivement par une série d'oscillations ascendantes assez régulières. A la fin de la première décade, il atteint 250000, soit environ 4 pour 100. A la fin de la deuxième, il dépasse 350000, soit environ 6 pour 100. Au cours de la troisième, cette *réticulocytose de gestation* se maintient élevée pendant quelques jours, puis brusquement, en 6 jours, le taux réticulocytaire tombe presque verticalement de 350000 à 35000, parfois même au-dessous de 20000, soit une chute de 6 à 0,60 pour 100. Il a donc perdu 90 pour 100 environ de la valeur qu'il avait atteinte pendant la gestation et 80 à 85 pour 100 de sa valeur moyenne chez la lapine normale.

Cette *réticulocytopénie du pre-partum* annonce l'imminence de la mise

---

[1] Nous exposons notre technique et les moyennes de nombreuses numérations sur les lapins normaux dans les *Archives de l'Institut Pasteur de Tunis*, **25**, III et IV, 1936 (à l'impression).

bas. Lorsque celle-ci survient, le taux réticulocytaire a généralement atteint son niveau le plus faible. Parfois, cependant, il continue à baisser pendant un ou deux jours. Il tend ensuite à remonter vers sa valeur normale.

Pendant les 20 premiers jours de l'allaitement, il reste, en moyenne, inférieur d'un tiers au taux normal. La *réticulocytopénie de la lactation* est fréquemment entrecoupée de petites poussées de réticulocytose vite réprimées.

Les variations observées après l'ablactation sont particulièrement intéressantes. On observe une *réticulocytose d'ablactation* d'autant plus importante et prolongée que l'allaitement a duré plus longtemps. Au contraire, si les petits sont sacrifiés dès leur naissance, avant qu'ils n'aient eu le temps de téter, la réticulocytose d'ablactation sera à peu près inexistante.

En présence de ces faits, régulièrement observés chez de nombreuses lapines, on est en droit d'admettre qu'entre les états physiologiques de l'oestre, de la gestation, de la lactation et de l'ablactation d'une part, et les réticulocytes, d'autre part, il existe un rapport étroit. Les variations observées ne seraient-elles pas sous la dépendance des hormones ovariennes, placentaires et hypophysaires, qui régissent ces états?

D'autre part, remarquons que si les variations qui se produisent pendant la plus grande partie de la gestation sont de moyenne importance, celles que l'on constate quelques jours avant la parturition, pendant la lactation et surtout après l'ablactation, sont considérables. Ces phénomènes surviennent pendant la préparation des glandes mammaires à la fin de la gestation, lors de leur fonctionnement et après l'arrêt de celui-ci.

On sait que la substance réticulo-granulo-filamenteuse est une phospholipine du groupe de la lécithine. On sait, par ailleurs, que le taux des phospholipines est augmenté dans les tissus en activité physiologique, en particulier, dans les glandes mammaires à la fin de la gestation ([1]).

Il est intéressant de rapprocher cet enrichissement du tissu glandulaire en phospholipines, de l'importante réticulocytopénie qui survient dans le même moment.

La lactation entraîne une consommation considérable de phospholipines, donc un appauvrissement du sang en ces substances. Nous avons montré plus haut que le taux réticulocytaire, pendant la lactation, était inférieur au taux normal.

([1]) W.-R. Bloor, *Proc. Soc. exp. Biol.*, 27, v, 1930, p. 294.

Que se passe-t-il lors de l'ablactation, entre la dernière tétée et l'arrêt de la secrétion lactée? La glande, pendant quelque temps, continue à secréter, mais l'excrétion n'ayant plus lieu, elle s'engorge, puis cesse de fonctionner. Le sang repartira de la glande aussi riche en substances constituantes du lait qu'il était arrivé. Il y aura notamment pléthore de phospholipines. Nous avons vu que l'ablactation en pleine lactation provoquait toujours une très importante réticulocytose

Si les petits sont supprimés dès leur naissance, la glande mammaire n'étant pas sollicitée par les tétées, ne reçoit pas le signal de départ. La sécrétion n'étant pas amorcée, l'ablactation sans allaitement ne provoquera pas de pléthore de lipoïdes phosphorés. Nous avons vu que le taux réticulocytaire revient, dans ce cas, très vite au niveau normal, après une très faible et très courte poussée de réticulocytose.

Conclusions. — Nous avons établi que le taux réticulocytaire subissait d'importantes variations pendant les périodes de l'œstre, de la gestation, de la lactation et après l'ablactation.

Notons que jusqu'à présent l'attention n'avait guère été attirée sur les réticulocytopénies physiologiques.

Il est intéressant de souligner d'autre part la corrélation qui semble exister entre les réticulocytes et le fonctionnement des glandes mammaires.

PHYSIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Croissance atypique et destructive des glandes utérines après des interventions ovariennes expérimentales.* Note de M. **Alexandre Lipschütz**, présentée par M. Charles Achard.

Un déséquilibre entre ovaire et préhypophyse se produit chez la femelle de cobaye après réduction considérable de la masse ovarienne, avec interférence irrégulière de phases folliculaires et lutéiniques prolongées, amène à une hyperplasie pathologique de l'endomètre, comparable à celle de la femme avec méthropathie hémorrhagique chronique. L'hyperplasie musculaire et celle de l'endomètre peut atteindre finalement des formes monstrueuses ([1]). De différents auteurs et nous-même ont vu cette hyperplasie de l'endomètre se produire aussi après injection de folliculine. On l'a produite chez la femelle de cobaye aussi par implantation de préhypophyse.

([1]) A. Lipschütz, *C. R. Soc. Biol.*, 123, 1936, p. 545.

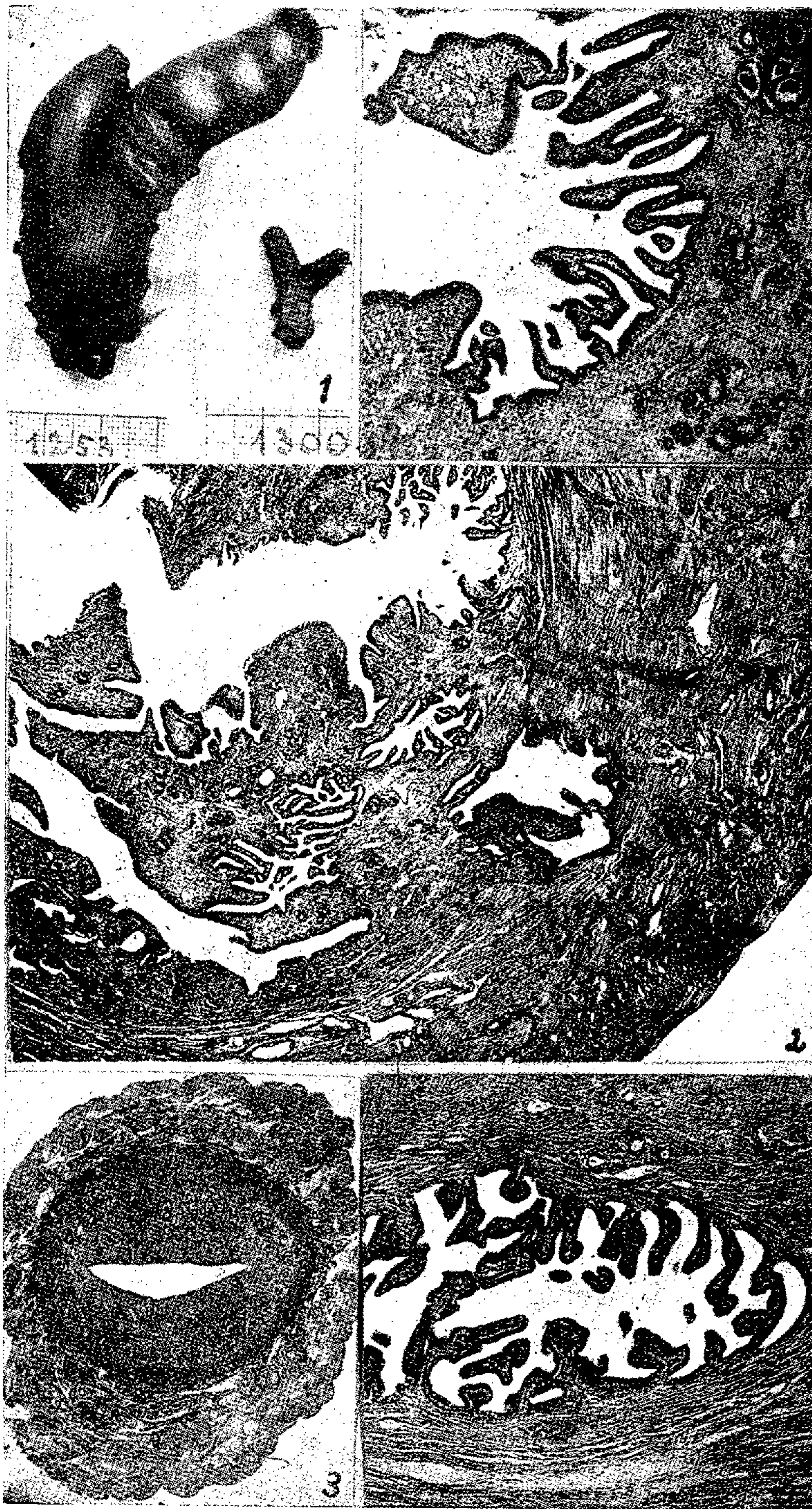


Fig. 1. N° 1300, utérus de dimensions normales, pesant 1^{g}; les deux cornes coupées. N° 1253, utérus énormément hypertrophié, pesant $2,7^{g}$; corne à gauche coupée. — Fig. 2 Corne utérine hypertrophiée (1253). Augment. 13. Croissance glandulaire en plis vers la cavité utérine (en haut, angle droit) et vers les cavités glandulaires kystiques (au centre). Formation d'une submuqueuse épaisse et très vascularisée. Glande kystique qui pénètre dans toute la profondeur de la couche musculaire circulaire très hyperplastique. — Fig. 3. Corne utérine normale. Augment. 13. Pour comparer avec la figure 2; *les deux à augmentation égale*. — Fig. 4. Cavité kystique d'une glande, avec plis épithéliaux à stroma très vasculeux (1253). Le kyste est entouré de tous les côtés par des fibres de la couche musculaire circulaire. Augment. 34. — Fig. 5. Plis épithéliaux à stroma vasculeux, se dirigeant vers la cavité utérine (1253). Augment. 34.

Or, dans des recherches récentes, j'ai constaté que la fragmentation ovarienne peut déterminer avec le temps une croissance atypique des glandes utérines rappelant la croissance destructive de certaines tumeurs épithéliales. Certes, il ne s'agit pas d'un vrai cancer. Mais vu les relations qu'on a récemment découvertes entre l'action œstrogène et carcinogène de différentes substances, nos observations me semblent d'un grand intérêt, surtout parce qu'il s'agit d'une croissance glandulaire atypique provoquée, non par introduction de substances, mais par une intervention sur l'organe même qui produit les hormones sexuelles.

Je décrirai ici comme exemple une seule expérience, dans laquelle la croissance atypique était plus prononcée que chez cinq autres animaux de la même série.

Cobaye femelle, âgée de 26 jours et pesant 120g. Le 20 avril 1933 on enleva l'ovaire droit entier et la majeure partie de l'ovaire gauche en respectant le hile ovarien. A la fin de la première année un grand développement des mamelons, caractéristique des troubles mammaires chez des animaux à fragmentation ovarienne, eut lieu ainsi qu'une pigmentation intense de l'auréole. On constata aussi l'hypertrophie du clitoris et la croissance des cornes épidermales, signes de masculinisation expérimentale sous l'influence du fragment ovarien (1). Le clitoris était même couvert de petits denticules qui ornent le pénis du cobaye. L'hypertrophie des mamelons et la masculinisation se sont maintenues pendant deux ans. On sacrifia l'animal le 13 janvier 1936 quand il avait atteint un poids de 820g. On trouva un utérus de dimensions énormes (*fig.* 1), pesant 27g, au lieu de 1g chez la femelle adulte nullipare. Sur la coupe on constata des parois massives autour d'une cavité utérine relativement petite; la muqueuse était brunâtre.

Examen microscopique. *Glande mammaire* : développement comparable à la grossesse avancée. *Vagin* : kératinisation exagérée, grand développement musculaire. *Ovaire* : kystes folliculaires, follicules tertiaires en atrésie, un follicule avec lutéinisation (?) thécale.

L'utérus révèle le tableau typique de *l'hyperplasie de l'endomètre* : Epithèle augmenté; glandes ramifiées et formant des kystes, parfois avec épithèle aplati; sous-muqueuse épaisse; vaisseaux superficiels énormément dilatés, pigment dans leur entourage et globules rouges dans la cavité utérine. On constate aussi des cellules épithéliales desquamées et des leucocytes dans les cavités kystiques glandulaires et dans la cavité utérine.

La croissance glandulaire est impétueuse et atypique. — Il se forme des

(1) A. Lipschütz, *C. R. de la Soc. de Biol.*, **112**, 1933, p. 1272.

plis épithéliaux vers la cavité utérine (*fig.* 2 et 5) et même vers la cavité des kystes glandulaires (*fig.* 2 et 4). Le stroma de ces plis est extrêmement vasculaire, souvent très épaissi; une vraie tuméfaction en est le résultat (*fig.* 2).

Dans leur croissance impétueuse et atypique les *glandes pressent contre la couche musculaire circulaire et y pénètrent* (*fig.* 2). On trouve des glandes, kystiques ou non, dans la profondeur de la couche circulaire, entre ses fibres, et même dans l'espace entre la couche circulaire et la couche longitudinale. Cette tendance de pénétration intramusculaire peut se présenter même dans des cas où le degré de la désorganisation structurale de l'endomètre est encore très loin de celui que nous décrivons ici.

L'épithèle glandulaire lui-même peut subir, outre l'hyperplasie déjà mentionnée, aussi *une transformation atypique* : il était *mucifié* dans plusieurs places. On voit les grandes cellules hyperplastiques d'une glande faire place subitement, dans cette même glande, à des immenses cellules vacuolisées et claires.

GÉNÉTIQUE. — *Sur la présence, chez différents Insectes, des substances intervenant dans la pigmentation des yeux de* Drosophila melanogaster. Note de MM. **Boris Ephrussi** et **Morris Henry Harnly**, présentée par M. Maurice Caullery.

Les expériences de transplantation ont montré que les ébauches des yeux des mutants *vermilion* (*v*) et *cinnabar* (*cn*), implantées dans des larves du type sauvage, aboutissent à des yeux phénotypiquement du type sauvage ([1]). Comme, d'autre part, les implantations d'yeux *v* dans des mouches *cn* et les implantations d'yeux *cn* dans des mouches *v* fournissent des résultats différents ([2]), on en a conclu que ces transformations se produisent grâce à deux substances diffusibles, présentes dans la lymphe des animaux du type sauvage : *substance* v^+ et *substance* cn^+ ([2]). En ce qui concerne la substance v^+, il a été montré plus tard qu'un changement analogue (transformation d'yeux $w^a v$ en yeux

([1]) Boris Ephrussi et G. W. Beadle, *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 98-100; George Beadle et Boris Ephrussi, *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 620-622.

([2]) G. W. Beadle et Boris Ephrussi, *loc. cit.* et *Genetics*, 21, 1936, p. 225-247.

$w^a v^+$) peut être provoqué par l'injection de la lymphe de pupes du type sauvage ([1]). Les expériences que nous venons de réaliser montrent qu'il en est de même de la substance cn^+ : si l'on injecte de la lymphe de pupes du type sauvage dans des larves $w^a cn$, les animaux éclos montrent une pigmentation $w^a cn^+$ (et non $w^a cn$).

Nous nous sommes demandé si les deux substances pouvaient être trouvées dans la lymphe d'autres Insectes : en plus d'un intérêt théorique, cette question en a un quant aux recherches sur la nature des substances en question. Dans une série d'expériences, le jus de pupes de *Galleria mellonella* et de *Calliphora erythrocephala* a été injecté dans des larves de Drosophile $w^a v$ et $w^a cn$, servant de réactifs à l'action des substances v^+ et cn^+. Les résultats des injections de jus de pupes de *Galleria* ont été les suivants. Parmi les 23 mouches $w^a v$ écloses, 20 ont montré une modification très nette de la pigmentation et 3 n'étaient pas modifiées. D'autre part, parmi 25 mouches $w^a cn$, 8 ont montré une modification très nette, 3 ont donné des résultats douteux et 14 n'ont pas été modifiées. Les résultats positifs suffisent à prouver que le jus des pupes de *Galleria mellonella* contient les deux substances cherchées.

Des expériences analogues ont été effectuées avec le jus de pupes de *Calliphora*. L'expérience d'injection de ce jus dans des larves $w^a v$ a fourni un total de seize imagos, dont onze montraient un effet très net, un était douteux et quatre négatifs. Cette expérience montre que le jus des pupes de *Calliphora* contient également la substance v^+.

On a montré précédemment ([1]) que la substance v^+ n'apparaît dans la lymphe de la Drosophile du type sauvage qu'après la pupaison. Il semble en être de même chez *Calliphora*. Une expérience comportant l'injection de lymphe de larves de cet animal, aux stades proches de la métamorphose, dans des larves $w^a v$ a fourni cinq mouches, dont aucune ne montrait de modification de la pigmentation.

Comme il a été remarqué ailleurs ([1]), les injections de lymphe comportent le transfert de cellules vivantes. Cette circonstance empêchait d'affirmer que les substances hypothétiques se trouvent effectivement dans la fraction liquide de la lymphe, une action directe des cellules vivantes restant possible. Dans une série d'expériences que nous venons de réaliser,

---

([1]) Boris Ephrussi, C. W. Clancy et G. W. Beadle, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 545.

les pupes du type sauvage qui fournissent le jus injecté ont été préalablement congelées (quatre congélations successives, de deux minutes, dans l'air liquide). Le jus de ces pupes, injecté dans des larves $w^a v$ et $w^a cn$, a provoqué des modifications très nettes et très constantes, montrant ainsi que ces modifications ne nécessitent pas l'intervention de cellules vivantes.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Caractéristiques physiques des vaisseaux, débit circulatoire et loi de décroissance, en fonction du temps, de la pression artérielle.* Note [1] de M. **Domingo-Mauricio Gomez**, présentée par M. Paul Langevin.

Il a été montré que, en période de diastole, la pression dans les artères décroît, en fonction du temps, suivant une loi exponentielle caractérisée par le décrément θ [2]. Nous avons cru intéressant d'étudier, en partant de cette loi, le débit circulatoire et les caractéristiques physiques des vaisseaux. Nous l'avons fait physiquement d'abord, puis chez l'homme normal ou pathologique.

I. *Caractéristiques physiques et loi de débit.* — Soit un régime intermittent dans une conduite élastique horizontale prolongée par un réseau capillaire. Soit dV le volume de liquide qui s'écoule pendant un temps dt qui suit une interruption de l'afflux. Le débit étant Q, on a

$$-dV = Q\,dt. \tag{1}$$

D'autre part, dV est lié à une variation de pression dp dans la conduite par

$$dV = \frac{2\pi R^3 L}{E.e}\,dp, \tag{2}$$

R, L, E et e étant le rayon, la longueur, le module d'élasticité et l'épaisseur de la paroi.

Enfin, les pertes de charges étant négligeables, le débit Q, considéré comme somme des débits des capillaires, est aussi, d'après Poiseuille,

$$Q = p\frac{\pi}{8.\eta}\sum\frac{r^4}{l}, \tag{3}$$

utilisant les notations classiques.

---

[1] Séance du 9 novembre 1936.

[2] *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1814.

Et en posant

$$\frac{2\pi R^3 L}{E.e} = \alpha = \text{coefficient de déformabilité élastique des artères}$$

et

$$\frac{\pi}{8.\eta}\sum\frac{r^4}{l} = \frac{Q}{p} = \omega = \text{coefficient de conductance capillaire}$$

[son inverse $(1/\omega)$ étant la résistance R_c du réseau capillaire], on retiendra les trois formules fondamentales

$$(1)\quad -dV = Q\,dt;\qquad (2)\quad dV = \alpha\,dp \qquad \text{et} \qquad (3)\quad Q = \omega p;$$

d'où l'on tire

$$dt = -\frac{\alpha}{\omega}\frac{dp}{p},\qquad t = -\frac{\alpha}{\omega}\log\frac{p}{p_0}$$

et enfin

$$(4)\qquad p = p_0 e^{-t\frac{\omega}{\alpha}},$$

et, en posant $\omega/\alpha = \theta$, les formules (4) et (3) pourront s'écrire

$$(5)\qquad p = p_0 e^{-t\theta}$$

et

$$(6)\qquad Q = p\theta\alpha,$$

formules montrant que :

1° *La pression décroit suivant une loi exponentielle en fonction du temps, ce qui est conforme à nos constatations précédentes* (*loc. cit.*).

2° *Le décrément* θ *est directement proportionnel au coefficient de conductance capillaire* ω *et inversement proportionnel au coefficient de déformabilité élastique des artères.*

3° *Le produit* $p\theta$ *est proportionnel au débit et à la vitesse d'écoulement du sang.* (Comme valeur de p on doit prendre, nous le montrons ailleurs, la pression effective p_e qui résulte de l'intégration de la courbe de pression, cette dernière étant prise à partir de son asymptote.)

II. *Vérification expérimentale des lois précédentes.* — Nous avons fait varier isolément l'un des coefficients ω et α, ainsi que la pression effective p_e.

a. Dans un tube rigide on introduit de l'éponge très fine, en ayant soin de la serrer d'une façon homogène. Ce tube est branché à l'orifice inférieur d'un récipient contenant un liquide dont la hauteur reste constante à tout

moment. Connaissant le débit obtenu, avec une même pression, pour plusieurs réseaux, et en déterminant le quotient Q/p, on obtient des coefficients ω très variables. Si l'on raccorde alors ces dispositifs à la sortie de la conduite, on observe que le décrément θ est directement proportionnel au coefficient de conductance capillaire.

b. Pour vérifier l'influence du coefficient α nous avons utilisé des tuyaux de caoutchouc de dimensions et modules différents et des fragments d'aorte prélevés sur un animal. Les résultats ont été, ici aussi, conformes aux prévisions de la formule donnée plus haut.

c. Enfin, si l'on fait varier isolément la pression effective p_e, le débit Q varie, quel que soit le tuyau, linéairement en fonction de la pression, tant que le régime reste laminaire, c'est-à-dire tant qu'il n'a pas dépassé la vitesse critique. Cette limite n'étant, pour ainsi dire, jamais atteinte dans les artères de l'homme, d'après nos calculs, notre troisième loi est pleinement confirmée.

III. *Contrôle de ces lois chez l'homme.* — On sait que l'histamine et l'adrénaline, administrées à certaines doses, ont une action très puissante sur les fins capillaires, la première en les dilatant, la seconde en rétrécissant leur calibre, alors qu'elles n'ont pas d'action sur les gros troncs artériels. Or l'injection d'histamine provoque une forte augmentation du taux de décroissance; l'adrénaline, par contre, fait diminuer le décrément d'une façon considérable. Le coefficient α variant très peu chez l'homme, ainsi que nous le montrerons ailleurs, le paramètre θ traduit, d'une façon assez fidèle, le degré de conductance ou de résistance du réseau capillaire humain. D'autre part, dans tous les cas faisant penser cliniquement à une augmentation (exercice musculaire, hyperthyroïdisme, etc.), ou à une diminution (insuffisance cardiaque, myxœdème, etc.) de l'irrigation périphérique, nous avons constaté aussi une augmentation ou une diminution du produit $p_e\theta$. On entrevoit, d'ores et déjà, les conséquences pour la clinique que peuvent avoir ces notions.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Virulence des humeurs dans la maladie des porchers.* Note de MM. **Paul Durand, Paul Giroud, Édouard Larrive** et **André Mestrallet**, présentée par M. Félix Mesnil.

Sang. — Dans les inoculations qui font l'objet de notre première Note, le sang des malades s'est montré virulent les 2e, 3e, 4e, 5e et 6e jours de la

maladie, à doses variant de 1^{cm^3} à 40^{cm^3}. Pour des raisons non encore expliquées, un sang prélevé le 3e jour n'a donné aucun résultat sur deux sujets neufs. Enfin un échantillon de sang prélevé le 8e jour (température 38°, maladie ayant duré 9 jours) ne s'est pas montré virulent. 20^{cm^3} de plasma citraté d'un sang du 2e jour, centrifugé, dilué, puis filtré sur bougie L2 (dépression 15^{cm}Hg, durée de filtration 8 minutes), ont provoqué par voie musculaire une maladie typique, avec incubation de 11 jours, tandis qu'un mélange des plasmas de deux sangs (6e et 3e jours) traité de même façon, puis filtré successivement sur deux bougies L3, s'est montré dépourvu de virulence.

Liquide céphalo-rachidien (L. C. R.). — On pouvait penser que le liquide céphalo-rachidien, surtout en cas de réaction méningée, devait être riche en virus. Cependant les trois L. C. R. suivants n'ont provoqué aucune maladie chez les sujets soumis à la pyrétothérapie et qui ont réagi normalement à une injection ultérieure de sang virulent.

Il s'est agi :

1° d'un L. C. R. prélevé au 5e jour de la maladie naturelle (2 à 3 lymphocytes par bande à la cellule de Nageotte) et inoculé par voie veineuse à dose de 6^{cm^3};

2° d'un L. C. R. prélevé au 10e jour d'une maladie expérimentale à forme prolongée (2e passage), contenant 48 éléments par bande dont 95 pour 100 de lymphocytes et inoculé par voie veineuse à dose de 6^{cm^3};

3° d'un L. C. R. prélevé au 8e jour d'une maladie expérimentale (3e passage), contenant 1400 éléments par bande (dont 49 polynucléaires, 50 cellules endothéliales et 1 lymphocyte) et inoculé à dose de 15^{cm^3} dans les muscles.

Par contre un L. C. R., prélevé le 10e jour de la maladie et contenant 90 éléments dont 26 polynucléaires, 29 cellules endothéliales et 45 pour 100 de lymphocytes, inoculé à dose de 5^{cm^3} par voie méningée, a reproduit une maladie avec fièvre, conjonctivite, éruption, albuminurie et réaction méningée. Le sujet ayant ainsi réagi a fourni un L. C. R. contenant 250 éléments (85 lymphocytes, 10 polynucléaires et 5 cellules endothéliales pour 100) qui fut actif chez l'homme à la fois par voie méningée (5^{cm^3}) et par voie veineuse (10^{cm^3}).

Le L. C. R. peut donc être virulent; il ne l'est pas toujours, même lorsqu'il existe une forte réaction cytologique, ou du moins il peut l'être insuffisamment pour infecter l'homme par voie veineuse ou musculaire.

Muqueuses. — La présence du virus dans les sécrétions des muqueuses a

été recherchée par voie transmuqueuse. Des sujets ont été soumis à des frottis répétés sur la conjonctive de sécrétions provenant de conjonctivite, d'autres à des frottis répétés sur la muqueuse nasale ou pharyngée de sécrétions nasales ou pharyngées d'homme ou de porc infectés. Ni les uns, ni les autres n'ont réagi, alors qu'ils ont contracté ultérieurement la maladie après une injection de sang virulent.

Il est donc bien peu probable que la transmission naturelle se fasse par contact direct ou indirect de muqueuse à muqueuse.

Excrétions. — En réfléchissant à la fréquence de l'albuminurie dans la maladie des porchers et à celle du sang dans les selles, on est conduit à penser que le virus doit s'éliminer par les déjections.

Les *urines* sont en effet infectieuses après quelques jours de maladie et le restent au moins jusqu'au début de la convalescence.

Ainsi, l'inoculation sous la peau de 13$^{cm^3}$ d'urine, recueillie aseptiquement par cathétérisme au 9e jour de la maladie et ne contenant pas d'albumine, provoque chez l'homme après 10 jours d'incubation une maladie typique.

Résultats analogues avec des urines, albumineuses ou non, recueillies le 7e et le 8e jour de la maladie et même le 11e jour, alors que le malade était convalescent depuis 3 jours. Par contre des urines du 4e jour n'ont pas été infectantes.

L'urine du porc infecté est également virulente par inoculation péritonéale chez le rat, même après filtration par bougie L2.

La présence du virus dans les *selles* a été recherchée chez le porc. Après dilution à 1/10e, elles ont été centrifugées et filtrées sur bougie L2. Inoculées dans le péritoine de rats blancs, elles ont provoqué la maladie chez les animaux en expérience après 8 à 9 jours d'incubation.

Urines et selles étant ainsi virulentes, on ne peut *a priori* leur refuser un rôle dans la transmission de la maladie, alors que, dans les bauges où on les élève, les porcs piétinent presque constamment dans le magma formé par leurs déjections, qu'ils s'y vautrent et qu'ils le projettent tout autour d'eux.

A 15^{h}40^m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16^h.

A. Lx.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES D'OCTOBRE 1936.

Les serpents de l'Indochine, par RENÉ BOURRET, t. I : *Études sur la Faune*; t. II : *Catalogue systématique descriptif*. Toulouse, Henri Basuyau et Cie, 1936; 2 vol. 25cm.

Carte géologique du Congo belge, publiée par le Ministère des Colonies. Bruxelles, Imprimerie typographique de l'Institut cartographique militaire; 6 planches 80cm × 74cm, 5.

— *Région de Gwane*, feuille n° 5, mai 1935.

— *Région de Doruma*, feuille n° 6, mai 1935.

— *Région d'Irumu*, feuilles nos 22 et 23, juillet 1935.

— *Région d'Idiofa*, feuille n° 44, août 1935.

— *Région de Luebo*, feuille n° 45, août 1935.

— *Région de Kambove*, feuille n° 65, juillet 1935.

Thèses présentées à la Faculté des sciences de Paris. 1re thèse : *Étude géologique des montagnes d'Escreins (Hautes-Alpes et Basses-Alpes)*; 2e thèse : *Propositions données par la Faculté*, par FERNAND BLANCHET. Grenoble, Allier Père et fils, 1935; 1 vol. 25cm.

Contribution à l'étude du mode d'action des vaccins en thérapeutique, par GERMAIN PHILIPPE. Le Vésinet, Charles Brande, 1936; 1 vol. 25cm.

Travaux du laboratoire de l'hôpital de Saint-Germain-en-Laye, par RAOUL LECOCQ. Paris, Vigot frères, 1936; 1 vol. 23cm, 5.

Obésité, anté-hypophyse et métabolisme des Lipides, par RENÉ CAREL. Paris, Vigot frères, 1936; 1 vol. 25cm.

Étude sur la théorie des ondes, par JACQUES VAN MIEGHEM, in *Institut belge de recherches radioscientifiques*, vol. I. Paris, Gauthier-Villars, 1934; 1 vol. 24cm.

Acoustique des salles, par F. H. VAN DEN DUNGEN, in *Institut belge de recherches radioscientifiques*, vol. II. Paris, Gauthier-Villars, 1934; 1 vol. 24cm, 5.

Étude thermodynamique de la tension superficielle, par RAYMOND DEFAY, in *Institut belge de recherches radioscientifiques*, vol. III. Paris, Gauthier-Villars, 1934; 1 vol. 24cm.

Théorie invariantive du calcul des variations, par TH. DE DONDER, in *Institut belge de recherches radioscientifiques*, vol. IV. Paris, Gauthier-Villars, 1935; 1 vol. 24cm, 5.

L'Affinité, par TH. DE DONDER, in *Institut belge de recherches radioscientifiques*, vol. V. Paris, Gauthier-Villars, 1936; 1 vol. 24cm, 5.

Prévision du temps par l'analyse des cartes météorologiques, par JACQUES VAN

Mieghem, in *Institut belge de recherches radioscientifiques*, vol. VI. Paris. Gauthier-Villars, 1936; 1 vol. 24cm,5.

Vingt-cinq ans d'enseignement de la Géométrie à l'École Polytechnique, par Maurice d'Ocagne. Vannes, Lafolye et J. de Lamarzelle, 1936; 1 fasc. 23cm,5.

Théorie générale des fonctionnelles, par Vito Volterra et Joseph Pérès, in *Collection de monographies sur la théorie des fonctions*, t. I. Paris, Gauthier-Villars, 1936; 1 vol. 25cm,5.

Cours de mécanique des fluides, par Joseph Pérès, in *Institut de mécanique des fluides de la Faculté des sciences de l'Université de Paris*. Paris, Gauthier-Villars, 1936; 1 vol. 25cm.

Mon œuvre au Muséum national d'histoire naturelle pendant cinq ans de direction 1932-1936, par Paul Lemoine. Paris, Société anonyme Maulde et Renou, 1936; 1 fasc. 26cm,5.

Ampère et Pasteur, par E. Doublet. Bordeaux, E. Taffard, 1936; 1 fasc. 24cm.

Le centenaire de Giovanni Schiaparelli, par E. Doublet; 1 fasc. 24cm.

Description de l'arbre à quinquina, mémoire inédit de Joseph de Jussieu (1737). Paris, Société du Traitement des Quinquinas, 1936; 1 vol. 27cm.

Code universel des couleurs, par E. Séguy. Paris, Paul Lechevallier, 1936; 1 vol. et 55 pl. de 15cm,5. (Présenté par M. E. Bouvier.)

Calcul numérique de transformations linéaires par la méthode des bandes mobiles (applications astronomiques), par le R. P. de la Villemarqué, S. J. Bulletin de l'Université l'Aurore, n° 34; 1 fasc. 23cm. (Présenté par M. d'Ocagne.)

La connaissance sensorielle et les problèmes de la vision, par Henri Piéron, in *Actualités scientifiques et industrielles*. Paris, Hermann et Cie, 1936; 1 vol. 25cm,5. (Présenté par M. Lapicque.)

Jubilé Louis Lumière, 6 novembre 1935. Paris, Renaissance française, 1936; 1 vol. 27cm.

Geodetic operations in the united states 1933-1935, par William Bowie. Washington U. S. Government printing office, 1936; 1 fasc. 30cm,5.

Discours et notices, par Émile Picard. Paris, Gauthier-Villars, 1936; 1 vol. 23cm.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 23 NOVEMBRE 1936.

PRÉSIDENCE DE M. JEAN PERRIN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** s'exprime en ces termes :

Mes chers Confrères,

J'éprouve une émotion particulière à évoquer devant vous la physionomie de notre confrère et ami **Julien Costantin**.

C'est qu'en effet il a été mon maître lors de ma première année d'études à l'École Normale, et il a exercé sur moi, comme sur plusieurs d'entre vous, une grande influence par son *cours d'idées* et de théories générales, que nous avions désignées par le nom un peu irrévérencieux, mais expressif, de piège des naturalistes.

J'ai bien failli tomber dans ce « piège » et ceci vous montre quelles qualités véritables de professeur et quel don d'enthousiasme possédait Julien Costantin, sous un aspect modeste et au premier abord un peu effacé, parce qu'il ne s'efforçait pas de faire appel à une éloquence qui peut être trompeuse, et qu'il s'appuyait seulement sur la force intrinsèque des idées exprimées.

La théorie du transformisme était de celles qu'il nous enseignait avec prédilection, sous ses deux grands aspects : darwinien et lamarckien.

Il était, lui, profondément lamarckien ; il est toujours resté croyant à l'influence du milieu, mais en même temps aux tendances profondes des organismes, pour modifier le fonds héréditaire par « hérédité des caractères acquis ».

Il n'a cependant pu, pas plus que tant d'autres, établir cette théorie de l'Évolution. Mais, du moins, il a apporté de très importantes contributions à notre connaissance de la variabilité des formes sous l'influence du milieu

souterrain, aérien, aquatique et aussi microbien, ainsi qu'à notre connaissance des conditions expérimentales dans lesquelles nous pouvons à volonté faire varier ces formes.

Il trouva au reste que, en opposition avec une conception trop facile de l'hérédité des caractères acquis, les caractères ainsi modifiés de façon parfois très considérable ne subsistent pas en général dans la descendance. Par exemple telle plante, croissant au bord de la mer et considérée comme une espèce spéciale, reprend les caractères d'une espèce continentale correspondante quand on fait germer ses graines en milieu non salé. Il faut ainsi distinguer des caractères d'adaptation et des caractères proprement héréditaires; ou, si l'on préfère, le fonds héréditaire, bien plus vaste qu'on ne pensait d'abord, contient les possibilités de variation sous l'influence des circonstances extérieures, un retour élastique de la forme se produisant dès que l'on retrouve les mêmes circonstances.

Il faut ajouter à ces recherches celles qui concernent encore une influence du milieu qu'il a poursuivies avec une modestie scientifique remarquable, sous l'influence de découvertes dues à son élève, Noël Bernard, prématurément disparu, sur la symbiose des orchidées avec des champignons microscopiques, et sur les variations de caractères qui en résultent.

Il a généralisé ses recherches, notamment dans le cas de la pomme de terre, avec la collaboration précieuse du cousin de Noël Bernard, Joseph Magrou.

Nommé professeur de Culture au Muséum en 1901, il a dû élargir ses recherches afin d'utiliser l'extraordinaire richesse en documents de toutes sortes, que ce grand Établissement doit, en particulier, à ses relations constantes avec nos colonies et avec les régions équatoriales.

Il se trouvait ainsi collaborer à des recherches de but pratique, poursuivies dans nos colonies, notamment à Madagascar et en Indochine.

Il a ainsi apporté à la France une collaboration précieuse dans la découverte et l'utilisation des ressources de nos domaines d'outre-mer; et cela est d'autant plus remarquable qu'il a pu diriger utilement ces recherches sans avoir lui-même quitté la métropole.

Il poursuivit par ailleurs, et en même temps, ses recherches sur la variation des organismes en ce qui regarde la sensibilité aux maladies :

Dans son laboratoire de culture des Pyrénées, il étudia les « cures d'altitude » qui permettent pendant quelques années à une même plante transplantée sur les hauteurs, puis repiquée en plaine, de résister pendant un temps notable à telle ou telle maladie.

C'est ce qui avait été empiriquement découvert à Java pour la maladie sereh qui frappe la canne à sucre, et c'est ce qu'il retrouvait, dans sa petite chambre d'ascète, pour la pomme de terre et pour diverses plantes, toujours aidé par Joseph Magrou et divers autres collaborateurs, dont il savait exciter et maintenir l'ardeur.

Son imagination débordante, son enthousiasme de visionnaire lui ont ainsi permis des études qu'il a efficacement poursuivies jusqu'à la veille de sa mort, au sens exact du mot. Et vous avez tenu à lui manifester votre haute estime en lui décernant, il y a quelques jours, le Prix Le Conte, distinction qui aura été une des dernières joies de sa vie.

Il vivait pour la Science, par la Science, et sa vie au total a été belle et heureuse, malgré l'affreuse douleur qui l'a frappé lorsque, pendant la guerre, il a perdu son fils, René Constantin, déjà physicien renommé, et mort au champ d'honneur.

Permettez-moi d'offrir en votre nom à Mme Julien Constantin et à sa famille, l'hommage de notre admiration et de notre émotion.

GÉNÉTIQUE. — *Nouveau cas de mosaïque présenté par un hybride de Giroflées* (Cheiranthus Cheiri ♀ × Erysimum cheirantoïdes ☿). Note de M. **Louis Blaringhem.**

L'unique plante ayant présenté la mosaïque est un descendant à la sixième génération d'un hybride réalisé en 1930, à la Station Berthelot à Bellevue (S.-et-O.). C'est un individu vigoureux, du type *Erysimum*, repiqué en mai 1936; il a donné ses premières fleurs en août et fut pollinisé par moi au début de septembre; toutes les fleurs à cette époque étaient femelles, à pétales verdâtres très réduits et à staminodes à peine visibles enfermés dans un calice compact, ovoïde, formé de sépales verts à pointe brune, persistants, au milieu desquels faisait saillie un stigmate globuleux. Par ces caractères, cet individu fut classé parmi les individus femelles presque apétales décrits antérieurement à propos de l'hérédité du sexe (¹) et de l'individualité biologique (²) présentés par les descendants de l'hybride *Cheiranthus* × *Erysimum*. Depuis le début d'octobre, la même plante ne donne plus que des ramifications de second ordre terminées par

(¹) *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 124.
(²) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1850.

des grappes de fleurs complètes, à étamines fertiles et à pétales jaunes, étalés et brillants du type de l'ancêtre paternel *Erysimum cheiranthoïdes*.

Ce qui frappe dans l'examen de cet individu, c'est la régularité de la mosaïque : aucune des pousses principales, au nombre de 17, ne diffère de la première développée et pour cette période de croissance on y retrouve accentués par l'avortement des pétales tous les traits de l'ancêtre maternel, la mutante *Cheiranthus Cheiri* ♀. Mais les ramifications de second ordre, plus nombreuses, dont vingt-six portent actuellement des fleurs épanouies, doivent être classées comme des *Erysimum* hermaphrodites. On assiste donc à une disjonction régularisée dont le régime paraît être lié à la saison, ou tout au moins à l'échelonnement des pousses au cours de la croissance; ici la disjonction est simultanée pour toutes les pousses de même rang, sinon de même âge, alors que dans les cas classiques de mosaïque, tel le *Cytisus Adami*, la séparation des *spécieïtés*, comme le dit Ch. Naudin, est successive, indéterminée, favorisée toutefois par l'infertilité du sol, ou par l'âge du greffon. En un mot la mosaïque de notre hybride de Giroflée est provoquée manifestement par un changement dans la nutrition des pousses et des fleurs qu'elles portent; on en connaît quelques cas dus à la greffe. L'intérêt de notre cas, hybride sexuel, est accru par le fait que son origine est parfaitement connue et fut suivie expérimentalement dans mes cultures.

Le point de départ est une mutation très rare, un *Cheiranthus Cheiri* ♀, obtenu à Bellevue en 1930, dans le semis de *Cheiranthus* vivaces hermaphrodites et spontanés des murs de la Baumette près Angers; depuis cette date j'observe chaque année avec attention toutes les plantes de la station et des environs; j'ai fait des semis répétés et, malgré les difficultés de repiquage, obtenu plusieurs centaines d'individus fleuris, tous à étamines parfaites et bourrées de bon pollen; je ne crois pas qu'on ait observé un autre cas d'avortement complet des étamines dans cette espèce avant ni depuis. Cette mutante avait une végétation lente, se trouvait en fleurs bien épanouies alors que les individus de même origine et les autres Giroflées cultivées dans le jardin étaient en fruits depuis des semaines; c'est pourquoi j'utilisai pour la féconder des *Erysimum cheiranthoïdes* à végétation très rapide et mis en place au printemps de la même année 1930; j'en obtins des plantes du type *Erysimum*, peu nombreuses et uniquement (F_2) des plantes femelles au cours de 1931; deux individus ayant passé l'hiver 1931-32 sans périr, je constatai que l'un restait femelle jusqu'à dessiccation, tandis que l'autre, à partir de mai 1932, fournit des fleurs tardives avec staminodes épais et enfin des étamines bourrées de bon pollen. Les graines obtenues avec ces deux

plantes femelles et le pollen tardif sont le point de départ des lignées dont j'ai suivi avec le plus grand soin le comportement : en (F_3) 164 plantes, en (F_4) 147, en (F_5) 168, soit 479 individus qui n'ont montré aucune tendance à l'altération décrite plus haut. En 1936, j'ai (F_6) 220 plantes dont 47 ont fleuri à Bellevue, 72 ont fleuri à Angers; une seule de ce dernier lot a montré la mosaïque; soit un cas sur 598. Comme pour les chimères Orangers *Bizarria* et *Cytisus Adami*, dont on ne connaît pas l'origine et qu'on n'a pas encore reproduit expérimentalement, la mosaïque de la Giroflée est exceptionnelle, brusque et totale. C'est une mutation au sens le plus strict du mot, dont l'épanouissement régulier paraît dominé par la position respective des bourgeons. Mais dans ce cas il n'y a pas eu de greffe et l'équilibre s'est établi dans la croissance naturelle d'un hybride dérivé du croisement entre genres différents. De plus, nous ne le signalons que pour mémoire, les deux types de fleurs sont féconds, le premier type avec l'apport de pollen d'un autre individu de même origine, le second avec son propre pollen.

A vrai dire, ce pollen n'est pas parfait; on y trouve un tiers de grains avortés et aussi bon nombre de grains volumineux qui éclatent sans germer; ces altérations sont de l'ordre de celles que l'on constate pour toutes les fleurs hermaphrodites des plantes de même origine; elles trahissent la nature hybride intergénérique des lignées.

Il est, pour le moment, plus intéressant de souligner que la mutation en mosaïque, si rare soit-elle, est une étape équilibrée d'une tendance déjà signalée ([1]) à propos de ses ascendants (F_3); dans « un lot de 71 plantes laissé dans le châssis de repiquage, 46 furent hermaphrodites, 17 furent strictement femelles et pollinisées à la main; 8 femelles ont viré avec l'âge à l'état hermaphrodite ». Or le changement dans la sexualité est fréquent à la fin de la croissance des pousses fleuries; il trahit un phénomène bien connu de ceux qui étudient l'hérédité du sexe chez les plantes et que j'ai utilisé depuis des années pour conserver des lignées femelles d'*Aquilegia*, de *Silene*, de *Salvia*. Les hybrideurs de Blés et de Seigle, de Blés et d'Ægilops utilisent avec succès les derniers chaumes pour obtenir une descendance des hybrides le plus souvent stériles. Mais la diminution de vitalité des pousses qui intervient ici n'explique pas la mutation de la plante aberrante dont la sexualité vire avec ensemble et en pleine période

---

([1]) *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1851.

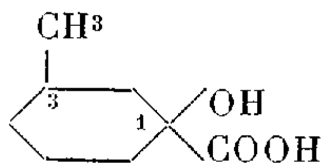
de croissance, passe de l'état femelle strict presque apétale, au stade hermaphrodite avec pétales épanouis et colorés.

Enfin on trouve dans le comportement de la plante (F_2) qui fournit le pollen une indication, une préparation s'il est permis d'employer cette image, qui trahit bien la nature du changement brusque. Pour cette plante « le virage du type fleur femelle au type fleur hermaphrodite se produisit exactement à la même date et suivant le même processus sur la douzaine de hampes fleuries, d'âges différents » (*loc. cit.*). Or, dans le cas qui fait l'objet de cette Note, le virage est prématuré et bien régularisé; il porte non seulement sur le développement de staminodes en étamines fertiles, mais sur l'épanouissement de pétales verts et avortés en pétales jaunes et largement épanouis. Il n'y a là qu'une différence de degrés, car il est bien évident que la cause profonde qui limite le développement des pétales est la même que celle qui réduit les ébauches d'étamines à l'état de staminodes. En définitive, l'origine de la mosaïque est dans l'événement constaté en (F_2) sur l'individu qui a fourni le pollen et était en puissance dans la mutante *Cheiranthus Cheirei* femelle de 1930.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'action de l'acide cyanhydrique sur la méthyl-3-cyclohexanone active*. Note (¹) de M. **Marcel Godchot** et Mlle **Germaine Cauquil**.

La méthyl-3-cyclohexanone active utilisée par nous provenait de la pulégone et en avait été retirée en utilisant la technique de Rupe (²). Cette cétone bout à 169° ($d_{20°}^{20°} = 0{,}911$; $[\alpha]_{589} = +13°{,}6$).

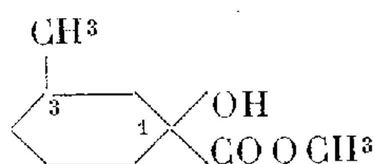
Si l'on fait agir à froid une solution saturée de cyanure de potassium (200g dans le minimum d'eau) sur la combinaison bisulfitique provenant de 200g de cétone, on constate, après agitation, l'apparition d'une couche huileuse constituée par la cyanhydrine qui a pris naissance. Cette dernière, traitée à 100° par l'acide chlorhydrique concentré, fournit après traitement approprié l'acide méthyl-3-cyclohexane-ol-1-carbonique-1-actif,



(¹) Séance du 16 novembre 1936.

(²) *Annalen der Chemie*, **436**, 1924, p. 202.

sous forme d'un liquide sirupeux, déjà entrevu par Markownikoff et Smirnov [1]. Cet acide brut est un mélange de deux dérivés stéréoisomères géométriques : en effet, par chauffage au bain-marie de cet acide avec son poids d'alcool méthylique et la moitié de son poids d'acide sulfurique concentré, on obtient un mélange de deux esters méthyliques fractionnables dans le vide; l'un d'eux, le plus abondant, bout plus haut que l'autre et dévie la lumière polarisée à gauche tandis que l'autre, en assez faible quantité, dévie la lumière polarisée à droite. En répétant la distillation des différentes portions de façon à obtenir des fractions à pouvoir rotatoire constant, on finit par avoir deux composés A et B possédant tous deux la constitution de l'ester méthylique de l'acide méthyl-3-cyclohexane-ol-1-carbonique-1



mais se distinguant l'un de l'autre suivant les répartitions dans l'espace des deux substitutions du carbone-1 par rapport au groupe méthyle.

Composé A. — $\text{Éb}_{16} = 98° - 99°$; C %: 62,41; H %: 9,37; calculé pour $C^9H^{16}O^3$: C %: 62,79; H %: 9,30; $d_4^{25°} = 1,0279$; $n_D^{25°} = 1,4619$; $[\alpha]_{5786} = +29°,73$; $[\alpha]_{5461} = +34°,17$; $[\alpha]_{4358} = +62°,12$; R.M. trouvée $= 45,98$; calculée pour $C^9H^{16}O^3$: 44,74.

Composé B. — $\text{Éb}_{16} = 108°$; C %: 62,52; H %: 9,56; $d_4^{25°} = 1,0510$; $n_D^{25°} = 1,4586$; $[\alpha]_{5786} = -7°,93$; $[\alpha]_{5461} = -8°,52$; $[\alpha]_{4358} = -14°,27$; R.M. trouvée $= 44,57$.

Nous avons pu passer facilement du composé B isomère, obtenu en plus grande quantité, à l'amide correspondante par action à froid d'une solution saturée d'ammoniaque dans l'alcool absolu; elle cristallise dans le benzène sous forme de belles aiguilles fusibles à 128° et dont le pouvoir rotatoire dans l'acétone ($2^g,624$ dans 100^{cm^3}) est égal à $[\alpha]_{5461} = -2°,28$; $[\alpha]_{4358} = -4°,19$.

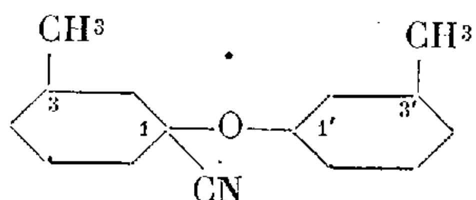
Par traitement à 100° de l'amide par l'acide sulfurique ($d = 1,30$), on obtient l'acide méthyl-3-cyclohexane-ol-1-carbonique-1- à l'état cristallisé fusible à 97-98° et dont le pouvoir rotatoire ($2^g,838$ dans 25^{cm^3} d'acétone) est égal à $[\alpha]_{5461} = -6,60$ et $[\alpha]_{4358} = -11°,01$; son anilide qui fond fond à 119° a pour pouvoir rotatoire (1^g dans 25^{cm^3} de benzène) $[\alpha]_D = -11°,5$.

Signalons également que, lors du traitement du produit brut résultant de l'action du cyanure de potassium sur la méthyl-3-cyclohexanone active,

---

[1] *Journal Soc. Phys. Chim. Russe*, 39, 1907, p. 1.

il nous a été possible d'isoler deux substances cristallisées insolubles dans la soude diluée et qui résultent de l'union de deux groupements méthylcyclohexaniques. L'une fond à 146° après cristallisation dans l'acétone et semble posséder la constitution du 3-méthyl-1-cyanocyclohexane-1-oxy-1'-cyclohexane-3'-méthyl



C % : 76,54; H % : 11,10; N % 5,88; calculé pour $C^{15}H^{25}NO$: C % : 76,59; H % : 10,63; N % : 5,95; cryoscopie dans le camphre : P. M. trouvé : 226; calculé pour $C^{15}H^{25}NO$: 235. Son pouvoir rotatoire ($2^g,448$ pour 100^{cm^3} de benzène) est égal à $[\alpha]_{5461} = -30°,63$.

L'autre composé, après purification par cristallisation dans l'acétone, est fusible à 96°: l'analyse élémentaire : (C % : 71,95; H % : 10,30; calculé pour $C^{15}H^{26}O^3$: C % : 70,9; H % : 10,2) et la cryoscopie dans le benzène (P.M. trouvé : 241; calculé pour $C^{15}H^{26}O^3$: 254) nous permettent de supposer que cette substance résulte de l'union de 2^{mol} d'acide méthyl-3-cyclohexane-ol-1-carbonique-1 avec élimination de 1^{mol} d'eau et perte de 1^{mol} d'acide carbonique. Son pouvoir rotatoire ($4^g,08$ dans 100^{cm^3} d'acétone) est égal à $[\alpha]_{5461} = -25°,73$.

BOTANIQUE. — *Le genre* Herperhodos Cocker., *de la famille des Rosacées.* Note de M. **George-Albert Boulenger.**

Ce genre, dont le nom n'a jamais figuré dans l'Index Kewensis, a été proposé par T. D. A. Cockerell (¹), pour un petit groupe de Roses aberrantes dont l'habitat est restreint au sud des États-Unis (Basse-Californie, Nouveau-Mexique, Texas S.-W.) entre 32° et 35° N., et dont le *Rosa stellata* Wooton est désigné comme le type, à côté du *R. minutifolia* Engelm. Il correspond à la section des *Minutifoliæ* de Crépin.

Pour Cockerell, ce qui motive son genre ou sous-genre nouveau, c'est le réceptacle fructifère jamais charnu, à orifice très large, 8^{mm} de diamètre, à akènes ovales allongés, non comprimés et par conséquent sans angles. Pour moi, ce genre est caractérisé par l'absence complète du disque de

(¹) *Nature*, 90, 1913, p. 571.

l'urcéole et cette absence suffit à elle seule à séparer les *Minutifoliæ*, dont on connaît trois espèces, de toutes les autres Roses; il y a de plus à tenir compte du feuillage, caractère qui, combiné avec le précédent, me semble indiquer des rapports avec les Potentilles et surtout avec certaines espèces, de Californie et du Colorado, rapportées au genre *Horkelia* Cham. et Schlecht.

La ressemblance du *R. minutifolia* avec le *R. pimpinellifolia*, qui n'a pas échappé au premier descripteur, est de pure analogie. Une dérivation du premier du second est inadmissible, car le réceptacle de celui-ci est le plus évolué et le caractère des feuilles, dont je parlerai plus loin, mène à la conclusion inverse en ce qui concerne cette dérivation. Je crois donc que les *Minutifoliæ* n'ont pas de rapport direct avec les *Pimpinellifoliæ*, pas plus qu'avec aucun autre groupe du genre *Rosa*, et que la position systématique des trois espèces qui constituaient cette section est mieux exprimée par leur exclusion de ce genre. C'est pourquoi je me range à l'opinion de Cockerell; les commentaires suivants feront mieux saisir l'état de la question.

Il y a deux choses que je n'ai jamais encore pu m'expliquer : c'est d'abord comment Du Mortier, dans sa classification des Roses de Belgique en 1824, a pu attribuer au *R. pimpinellifolia*, type de sa section des *Chamærodon*, un « *discus nullus vel subnullus* », et ensuite comment Baillon, dans son Histoire des Plantes, a représenté la coupe verticale de la fleur de cette même Rose comme effectivement privée du disque. Ce n'est donc pas sans surprise que, passant à l'étude des Roses d'Amérique de la section des *Minutifoliæ*, je tombe enfin sur des Roses réellement privées du disque. Ce n'est que sur l'examen direct de fleurs et de fruits que je base mon opinion, car, s'il fallait s'en rapporter aux descriptions, on verrait qu'Engelmann attribue au *R. minutifolia* « un épais anneau nectarifère resserrant le tube du calice ». Me suis-je trompé; ce disque, même réduit, m'a-t-il échappé? J'ai peine à le croire, car M. Mosseray a bien voulu vérifier sur d'assez nombreux fruits sans voir autrement que moi. L'espèce voisine *R. mirabilis* a été figurée, avec coupe de la fleur, par O. Stapf, *Curtis's Bot. Mag.*, 1925, pl. 9070, sans la moindre indication d'un disque.

Si le *R. minutifolia* n'était une espèce très localisée, découverte en 1882 et par conséquent inconnue à l'époque de l'Histoire des Plantes de Baillon qui traite des Rosacées (1867), je serais prêt à croire que c'est cette Rose qui a servi de modèle pour la figure dans cet ouvrage; mais cette explication est sans doute inadmissible.

On verra dans la description des espèces, que je me propose de publier

bientôt, que les feuilles des turions peuvent se rapprocher beaucoup du type commun à la plupart des Roses, au point qu'au premier abord on pourrait hésiter à croire que de tels turions proviennent du pied qui montre un feuillage aussi différent, rappelant plus celui de certaines espèces des genres *Horkelia*, *Potentilla* et *Alchemilla*. Déjà en 1882, Crépin remarquait que les feuilles du *R. minutifolia* ont l'aspect de celles de certains *Potentilla*; comme chez ceux-ci à feuilles composées imparipinnées, la foliole terminale peut être sessile et la ressemblance dans la denture est plus suggestive encore pour le *R. stellata*, découvert depuis. C'est un type qui se rencontre chez un certain nombre d'espèces du genre *Alchemilla*, il remonte donc fort loin dans la filiation des Rosacées et il semble légitime de supposer qu'il a été transmis directement des Potentilles, prises dans le sens le plus large, au genre qui fait l'objet de cette Note. Je ne vois aucune difficulté à admettre cette dérivation quand je me représente le réceptacle campanulé des *Horkelia*, sur lequel mon attention a été attirée d'abord par mon collègue M. Jean Lebrun, toujours si serviable.

Les Potentilles sont pour la plupart des végétaux herbacés, mais il y en a de ligneux. T. Wolf, dans son admirable monographie parue en 1908, considère ceux-ci comme les plus primitifs et les feuilles composées reçoivent la même interprétation, appuyée sur des exemples qui me semblent concluants; ce qui me porte à croire que les Alchemilles ont dû évoluer dans le même sens.

ÉLECTIONS.

Par l'unanimité des suffrages exprimés, M. **Albert Caquot** est élu Membre du *Comité supérieur de normalisation* au Ministère du Commerce et de l'Industrie en remplacement de M. *H. Le Chatelier*, décédé.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *L'expérience barométrique, ses antécédents et ses explications. Étude historique*, par C. de Waard.

2° Franz Schrader. *Pyrénées*. I. *Courses et ascensions*. II. *Science et Art*.

3° REMY PERRIER. *La Faune de la France en tableaux synoptiques.* Tome I A. *Cœlentérés, Spongiaires, Échinodermes. — Sous-règne des Protozoaires*, par JEAN DELPHY. (Présenté par M. L. Bouvier.)

4° *L'avenir de l'industrie minière au Canada*, par T. A. CRERAR.

M. **PAUL PASCAL** prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la place vacante dans la Section de Chimie par le décès de M. *H. Le Chatelier.*

STATISTIQUE MATHÉMATIQUE. — *La vérification de l'hypothèse concernant la loi de probabilité d'une variable aléatoire.* Note [1] de M. **J. NEYMAN**, transmise par M. Émile Borel.

Soit x une variable aléatoire dont n valeurs particulières peuvent être fournies par les observations indépendantes. Supposons que la loi de probabilité élémentaire de x est inconnue et cherchons à vérifier l'hypothèse H consistant en ce que cette loi est donnée par une fonction déterminée $p(x)$. On voit aisément que le problème de vérification de H est équivalent à celui de vérification d'une autre hypothèse h, que la loi de probabilité de la variable $y=\int_{-\infty}^{x} p(x)\,dx$ est égale à l'unité pour $0<y<1$ et à zéro ailleurs. Considérons donc le problème de vérification de h.

Pour préciser le problème considérons les circonstances qui peuvent se présenter lorsque l'hypothèse h est fausse. Supposons comme donné que la vraie loi de probabilité de y est représentée par une des fonctions formant une classe, soit Ω_k, savoir

$$p(y\,|\,\theta_1, \theta_2, \ldots, \theta_k) = ce^{\sum_{i=1}^{k}\theta_i\pi_i}, \tag{1}$$

où π_i est un polynome de degré i en y, tel que

$$\int_0^1 \pi_i\pi_j\,dy = \begin{cases} 0 & \text{si } i\neq j \\ 1 & \text{si } i=j \end{cases} \qquad (i, j = 0, 1, 2, \ldots, k), \tag{2}$$

et c est une constante telle que $\int_0^1 p(y\,|\,\theta_1, \ldots, \theta_k)\,dy = 1$ et $\theta_1, \theta_2, \ldots, \theta_k$ des constantes arbitraires. On voit que la vérification de h revient à celle

---

[1] Séance du 16 novembre 1936.

de l'hypothèse que $\theta_1 = \theta_2 = \ldots = \theta_k = 0$. Désignons par E le point dans l'espace à n dimensions dont les coordonnées sont les valeurs $y_1, y_2, \ldots, y_n$ de la variable y qui peuvent être fournies par l'observation. Soit W_n l'ensemble des positions possibles du point E. Toute méthode M de vérification de h est équivalente à une règle de rejeter h lorsque E tombe dans un domaine w, dit critique, dans W_n, précisé par M. Posons $\vartheta_i = \theta_i \sqrt{n}$ et soit w un domaine critique quelconque. Désignons par $\beta(w \mid \vartheta_1, \ldots, \vartheta_k)$ la probabilité pour que E tombe dans w calculée en supposant que la loi de probabilité de y appartient à Ω_k et que $\vartheta_1, \vartheta_2, \ldots, \vartheta_k$ ont des valeurs fixées.

On dira que w_0 est un domaine critique bien placé du type C [1] *et de l'aire* α *si pour* $\vartheta_1 = \vartheta_2 = \ldots = \vartheta_k = 0$ *et pour* $i, j = 1, 2, \ldots k \; (i \neq j)$

$$(3) \qquad \beta(w_0 \mid 0, 0, \ldots, 0) = \alpha, \qquad \frac{\partial \beta}{\partial \vartheta_i} = \frac{\partial^2 \beta}{\partial \vartheta_i \, \partial \vartheta_j} = 0, \qquad \frac{\partial^2 \beta}{\partial \vartheta_i^2} = \frac{\partial^2 \beta}{\partial \vartheta_1^2}$$

et si la valeur commune des dérivées $\partial^2 \beta / \partial \vartheta_i^2$ *calculée pour* w_0 *est au moins égale à celle correspondant à tout autre domaine* w *satisfaisant* (3).

Désignons par

$$(4) \qquad u_i = n^{-\frac{1}{2}} \sum_{j=1}^{n} \pi_i(y_j), \qquad \psi_k^2(n) = \sum_{i=1}^{k} u_i^2$$

et par ψ_α la racine de l'équation

$$(5) \qquad \int_{\psi_\alpha}^{\infty} t^{k-1} e^{-\frac{1}{2} t^2} \, dt = \alpha \, 2^{\frac{1}{2}(k-2)} \, \Gamma\left(\frac{1}{2} k\right),$$

α étant un nombre arbitraire entre zéro et un, et considérons le domaine $w_k(n)$ dans W_n défini par l'inégalité $\psi(n) \geqq \psi_\alpha$. Le théorème suivant indique que, si n est assez grand, $w_k(n)$ satisfait approximativement la définition du domaine bien placé du type C.

Théorème. — 1. *Quel que soit* w, *tel que*

$$(6) \quad \left\{ \begin{array}{l} \beta(w \mid 0, \ldots, 0) = \beta[w_k(n) \mid 0, \ldots, 0], \qquad \dfrac{\partial \beta(w)}{\partial \vartheta_i} = \dfrac{\partial \beta[w_k(n)]}{\partial \vartheta_i}, \\[2ex] \dfrac{\partial^2 \beta(w)}{\partial \vartheta_i \, \partial \vartheta_j} = \dfrac{\partial^2 \beta[w_k(n)]}{\partial \vartheta_i \, \partial \vartheta_j}, \qquad \dfrac{\partial^2 \beta(w)}{\partial \vartheta_i^2} - \dfrac{\partial^2 \beta(w)}{\partial \vartheta_1^2} = \dfrac{\partial^2 \beta[w_k(n)]}{\partial \vartheta_i^2} - \dfrac{\partial^2 \beta[w_k(n)]}{\partial \vartheta_1^2}, \end{array} \right.$$

---

[1] Pour la définition des domaines critiques bien placés des types A et B, voir J. Neyman and E. S. Pearson, *Statistical Research Memoirs*, 1, 1936, p. 1-37, et J. Neyman, *Bull. Soc. math. de France*, 63, 1935, p. 246-266.

où $i, j = 1, 2, \ldots, k$, $i \neq j$, *on aura*

$$\frac{\partial^2 \beta(w)}{\partial \vartheta_1^2} \leqq \frac{\partial^2 \beta[w_k(n)]}{\partial \vartheta_1^2} > 0, \tag{7}$$

toutes les dérivées étant prises au point $\vartheta_1 = \vartheta_2 = \ldots = \vartheta_k = 0$.

2. *Lorsque n augmente indéfiniment la valeur* $\beta[w_k(n) | 0, \ldots, 0]$ *et celles de ses dérivées qui interviennent dans* (6) *tendent vers les valeurs prescrites dans* (3).

Il s'ensuit que : 1° si l'on sait que la loi de probabilité de y exacte appartient à Ω_k; 2° si le nombre n de valeurs de y qui vont servir pour calculer $\psi_k(n)$ est assez grand; 3° si l'on convient de rejeter h lorsque $\psi_k(n) \geqq \psi_\alpha$, alors cette méthode de vérification de h, soit méthode ψ, satisfera approximativement aux conditions suivantes : (a) en cas où h est exacte, elle sera rejetée avec une fréquence relative α; (b) si l'hypothèse h n'est pas exacte, elle sera rejetée plus fréquemment que si elle est juste, cela au moins si $\Sigma \vartheta_i^2$ est petit; (c) si l'on appelle $\vartheta_i \neq 0$ l'$i^{\text{ième}}$ erreur en h, alors la méthode ψ est également sensible par rapport à toute $i^{\text{ième}}$ erreur, en h, indépendamment de son signe; (d) lorsque $\Sigma \vartheta_i^2$ est positif mais petit l'inexactitude de h sera découverte par la méthode ψ plus souvent que par n'importe quelle autre méthode satisfaisant (a), (b) et (c).

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Le problème de Souslin et les espaces abstraits.* Note [1] de M. **Georges Kurepa**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Condition K_0. — Dans le cas où l'on ne sait pas si un espace abstrait est séparable [2], on peut se demander s'il vérifie au moins la condition K_0, infiniment plus large que la condition de la séparabilité au sens de M. Fréchet, et que voici :

K_0. *Il y a une famille au plus dénombrable d'ensembles* isolés (extraits de l'espace) *dont la réunion est partout dense* (dans l'espace).

---

(1) Séance du 9 novembre 1936.

(2) Pour la terminologie, voir Maurice Fréchet, *Espaces abstraits*, Paris, 1928, p. 289. En ce qui concerne le problème de Souslin, les ensembles et espaces ordonnés, voir Georges Kurepa, *Ensembles ordonnés et ramifiés* (*Thèse*, Paris, 1935 ou *Publ. Math. Univ. Belgrade*, 4, 1935, p. 1-138). Rappelons qu'une famille d'ensembles est *ramifiée* si, A, B étant deux de ses éléments quelconques, on a $A \subset B$, ou $B \supset A$ ou $AB = 0$; une famille ramifiée est *monotone* (disjonctive) si elle ne contient aucun couple d'éléments *disjoints* (non disjoints).

Théorème I. — *a. Tout espace* $(\mathcal{E})$ *vérifie* K_0. *b. Tout espace bien ordonné vérifie* K_0 (1).

Je ne connais aucun espace (V) à caractère dénombrable qui ne vérifierait pas K_0. Et pourtant, on a :

Théorème II. — *Pour que la réponse au problème bien connu de Souslin soit affirmative, il faut et il suffit que tout espace ordonné dont chaque ensemble isolé est au plus dénombrable vérifie* K_0.

Espaces $T(\mathfrak{T})$. — On peut prouver que le problème de Souslin est équivalent au problème de savoir si un espace ordonné connexe dont tout ensemble isolé est au plus dénombrable est nécessairement un espace $(\mathcal{E})$ de M. Fréchet. Posons, dans cet ordre d'idées, un problème très instructif. Soient T un ensemble et $\mathfrak{T}$ une famille *ramifiée* de sous-ensembles de T, jouissant des propriétés suivantes : A, quel que soit le point a de T la famille $(., a)$ des éléments de $\mathfrak{T}$ contenant a est dénombrable, bien ordonnée par rapport à la relation $\supset$ et, enfin, telle que $\Pi(., a) = a$; B, toute sous-famille monotone ou disjonctive de $\mathfrak{T}$ est au plus dénombrable. En considérant tout élément de $\mathfrak{T}$ comme voisinage de chacun de ses points, l'espace (V) ainsi défini, $T(\mathfrak{T})$, est-il nécessairement un espace $(\mathcal{E})$? (Ce problème est équivalent au problème de Souslin.)

Théorème III. — *Pour qu'un* $T(\mathfrak{T})$ *soit un* $(\mathcal{E})$, *il faut et il suffit qu'il vérifie* K_0.

Espaces $\mathcal{E}[(\Omega)]$ et $\mathcal{D}[(\Omega)]$. — Or tout $T(\mathfrak{T})$ est un $\mathcal{E}[(\Omega)]$ dont la définition est analogue à celle des $(\mathcal{E})$:

En désignant par (Ω) l'espace ordonné de Cantor des nombres ordinaux finis ou dénombrables, nous dirons qu'un espace, E, est un $\mathcal{E}[(\Omega)]$, en signe $E \varepsilon \mathcal{E}[(\Omega)]$, si l'on peut faire correspondre à tout couple de points, a, b, de E un point bien déterminé (a, b), de (Ω) vérifiant ces conditions : 1° $(a, b) = (a, a)$ entraîne $a = b$; 2° $(a, b) = (b, a)$; 3° a, F étant, respectivement, un point et un ensemble quelconques de E, pour que a soit point d'accumulation de F, il faut et il suffit que, quel que soit l'ordinal $\alpha < (a, a)$, il y ait un point, a_α, de F distinct de a, vérifiant $\alpha < (a, a_\alpha) < (a, a)$; 1° *bis*. a, F étant, respectivement, un point et un ensemble quelconques, la relation $a \varepsilon \overline{F}$ entraîne $(a, a) \varepsilon \overline{(F, F)}$, $\overline{(F, F)}$ désignant la fermeture, dans (Ω), de l'ensemble (F, F) des points (f, f) de (Ω), f parcourant F.

Pour prouver que tout $T(\mathfrak{T})$ est un $\mathcal{E}[(\Omega)]$, il suffit de désigner, a étant

(1) M. Appert m'a signalé que l'espace K (voir Fréchet, *loc. cit.*, p. 165) ne vérifie pas K_0.

un point de T($\mathcal{T}$), par (a, a) le type d'ordre de la famille $(., a)$ des éléments de $\mathcal{T}$ contenant a ordonnés par $\supset$; si $a \neq b$ sont deux points, $(a, b) = (b, a)$ sera le premier indice ν tel que $A_\nu \neq B_\nu$, A_ν désignant l'élément de $(., a)$ tel que le sous-ensemble ordonné de $(., a)$ à gauche de A_ν soit du type ordinal ν.

Théorème IV. — *La classe des espaces* $\mathcal{E}[(\Omega)]$ *est plus générale que la classe des* $(\mathcal{E})$; *en particulier*, (Ω) *est un* $\mathcal{E}[(\Omega)]$ *sans être un* $(\mathcal{E})$.

Que $(\Omega) \varepsilon \mathcal{E}[(\Omega)]$, il suffit pour le voir de désigner, α, β étant deux ordinaux tels que $\alpha < \beta < \Omega$, par $(\alpha, \beta) = (\beta, \alpha)$ le nombre α, et par (α, α), le plus petit ordinal de seconde espèce $\geqq \alpha$.

Je ne sais pas si $(\Omega) \varepsilon \mathcal{D}[(\Omega)]$ (voir ci-dessous).

Opérateurs $\mathcal{E}$ et $\mathcal{D}$. — D'une manière générale, E, M étant deux espaces, nous dirons que E est un $\mathcal{E}[M]$, en signe $E \varepsilon \mathcal{E}[M]$, si à tout couple de points, a, b, de E, l'on peut faire correspondre un point déterminé, (a, b), de M, vérifiant les conditions O^1, O^2, O^3 et $O^{1'}$ que voici : O^1) $(a, b) = (a, a)$ entraîne $a = b$; O^2) $(a, b) = (b, a)$; O^3) si $a \varepsilon E$ et $F \subseteq E$, pour que, dans E, $a \varepsilon F'$, il faut et il suffit que, dans M, le point (a, a) soit point d'accumulation d'au moins un sous-ensemble de l'ensemble (a, F) des points (a, f) de M, f parcourant F; $O^{1'}$) a, F étant, respectivement, un point et un ensemble de E, si dans E, $a \varepsilon F'$, alors, dans M, $(a, a) \varepsilon \overline{(F, F)}$ (voir ci-dessus).

Si M est un (V) de M. Fréchet, on peut barrer, dans O^3, les mots « d'au moins un sous-ensemble ».

M étant un (V_ω) au sens de M. Fréchet, E sera dit un espace $\mathcal{D}[M]$, en signe $E \varepsilon \mathcal{D}[M]$, s'il est un $\mathcal{E}[M]$ et s'il vérifie la condition O_0^1 : quel que soit le point a de E, on peut choisir la suite de voisinages $V_{(a,a)}^n \supseteq V_{(a,a)}^{n+1}$ $(n < \omega)$, attachée, dans M, au point (a, a), de sorte que, pour tout ordinal $n < \omega$, il existe deux ordinaux inférieurs à ω : $\varphi_a(n)$, $\psi_a(n)$, tels que, en désignant par $S(a, V_{(a,a)}^n)$ l'ensemble des points b de E vérifiant $(a, b) \varepsilon V_{(a,a)}^n$, la relation $b \varepsilon S(a, V_{(a,a)}^{\varphi_a(n)})$ entraîne $S(b, V_{(b,b)}^{\psi_a(n)}) \subseteq S(a, V_{(a,a)}^n)$.

Théorème V. — M *étant un* (V_ω) E *étant un* $\mathcal{D}[M]$ *tel que l'ensemble* $[E, E]$ *des points* (e, e) *de* M, *e parcourant* E, *soit composé d'un point de* M, *pour que* E *soit un* $(\mathcal{D})$ *au sens de M. Fréchet, il faut et il suffit qu'il vérifie l'axiome de séparation de M. Hausdorff* (pour assurer que E soit un $(\mathcal{L})$ de M. Fréchet).

Théorème VI. — *Si* M *est un* (V_ω), *tout* $\mathcal{E}[M]$ *est encore un* (V_ω).

Il serait très intéressant de savoir si, dans l'énoncé précédent, on peut, au lieu de « (V_ω) », lire partout « (V_ω) vérifiant la condition K_0 ». En

particulier, la condition K_0 est-elle vérifiée par tout $\mathcal{E}[(\Omega)]$? (si oui, cela entraînerait la réponse affirmative au problème de Souslin) ou tout au moins par tout $\mathcal{D}[(\Omega)]$?

Y a-t-il un $n < \omega$ tel que $(\Omega) \varepsilon \mathcal{E}[R_n]$, R_n désignant l'espace cartésien à n dimensions ?

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les équations aux dérivées partielles du premier ordre.* Note de M. **Georges Bouligand**, présentée par M. Élie Cartan.

Stolz a défini la différentielle totale d'une fonction sans passer par l'intermédiaire des dérivées partielles, mal adaptées à la véritable essence des choses. Pareillement ces dérivées, hormis le cas des données analytiques, n'ont plus guère qu'un rôle nominal en théorie des équations « aux dérivées partielles » du premier ordre. La question s'est géométrisée grâce à la considération des éléments de contact, par lesquels on a vu s'introduire les intégrales au sens de Lie. Cependant, même parmi les intégrales qui sont de véritables surfaces, il y a lieu de distinguer entre plusieurs sortes d'intégrales, respectivement liées à des problèmes bien distincts.

J'ai signalé le point de vue de l'*intégration contingente* [1]. Le cône élémentaire étant supposé convexe et en dépendance continue de son sommet, une intégrale contingente est une portion de surface coupée en un seul point par toute parallèle à une direction fixe intérieure aux cônes élémentaires de ses divers points, surface dont le contingent a toujours au moins un rayon sur le cône élémentaire sans en avoir à l'intérieur. J'ai montré l'intervention des intégrales contingentes dans des problèmes de minimum absolu [2]. Ces intégrales sont encore apparues dans d'autres recherches [3], concernant les courbes soumises à des inégalités différentielles et la délimitation de la région balayée par celles de ces courbes émanées des points d'un certain ensemble ponctuel [4].

Les surfaces introduites par l'intégration contingente (ex. : celle repré-

---

(1) *Comptes rendus*, **189**, 1929, p. 447.

(2) *Rendic. d. Lincei*, 6e série, **12**, 1930, p. 27-30. Voir aussi le fascicule 71 du *Mémorial des Sciences mathématiques*, 1935, p. 37-51.

(3) S. K. Zaremba, *Bull. Sc. math.*, 2e série, 55, 1936, p. 139-160.

(4) Ces problèmes sont étroitement liés aux questions précédentes de minimum absolu. Voir mon article du *Bull. Soc. Roy. Sc. Liége*, 4, 1935, p. 51-54.

sentant la plus courte distance d'un point à un ensemble du plan $z = 0$ dans le cas de l'équation $p^2 + q^2 = 1$) ont des caractères locaux bien différents à ceux des surfaces intégrales au sens classique : à savoir la présence de points où le contingent n'est pas plan.

Pour les surfaces intégrales au sens classique, le contingent en chaque point se trouve dans un plan tangent au cône élémentaire. Mais, cette condition énoncée, il faut encore distinguer, suivant le sens donné au mot *surface*. Reprenons par exemple l'équation $p^2 + q^2 = 1$. On peut définir au préalable les multiplicités caractéristiques ($\mathcal{M}$) et s'occuper de surfaces intégrales qui sont des courbes de Jordan, au sein de l'espace des ($\mathcal{M}$). On obtient ainsi «les intégrales au sens de Cauchy», envisagées le plus fréquemment. Ces intégrales peuvent présenter des arêtes de rebroussement : sur ces lignes, le paratingent est complet en chaque point. Un autre aspect de la question apparaît avec le problème (P) suivant : *trouver une surface dont le paratingent en chaque point soit tout entier situé dans un plan tangent au cône élémentaire en ce point.* La solution obtenue présente alors des lignes d'arrêt qui sont les arêtes de rebroussement sur l'intégrale au sens de Cauchy, par laquelle, au cas d'existence des ($\mathcal{M}$), on peut prolonger ladite solution. En cas de non-existence des ($\mathcal{M}$), le problème (P) garde un sens : à partir d'une solution comportant une ligne d'arrêt, on peut tenter un prolongement au delà de cette ligne en attaquant le problème de Cauchy pour cette ligne d'arrêt.

La considération des intégrales (P) (à l'exclusion des intégrales de Cauchy) fournit un théorème de stabilité pour une équation (E) non intégrable aux différentielles totales $\left(\vec{V}.d\text{M} = 0\right)$ lorsqu'on s'en approche indéfiniment par une famille d'équations (E_ε) aux dérivées partielles dont le cône élémentaire, supposé convexe, tend vers le plan attaché par (E) à son sommet. On peut se ramener, du point de vue local tout au moins, au cas où (E) s'écrit $dy = z\,dx$. Quoi qu'il en soit, prenons une courbe (C) à courbure continue solution de (E). Lorsque (E_ε) tend vers E, les lignes d'arrêt délimitant l'intégrale (P) passant par (C) se rapprochent indéfiniment de (C) qui est l'ensemble limite de telles intégrales. C'est ce qui découle du seul fait d'adjoindre la notion d'intégrale (P) à une remarque terminant un Mémoire récent [1]. Ce théorème exprime que l'impossibilité d'une intégrale (P) de (E) passant par (C) est une *propriété stable.* Pour des intégrales de Cauchy de (E_ε) contenant (C), l'impossibilité en question

(1) G. Bouligand, *Bull. des Sc. math.*, 55, 1936, p. 203-224.

ne serait plus stable. On aurait des surfaces sillonnées d'arêtes de rebroussement de plus en plus serrées et s'approchant indéfiniment à l'ordre zéro de la surface de tourbillon du champ $\vec{V}$ passant par C [1]; or, sur ces surfaces, on peut s'écarter de (C) d'une longueur finie.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur le mouvement relatif d'un solide dans un fluide visqueux.* Note de M. **Victor Valcovici**, présentée par M. Henri Villat.

M. S. Neumark [2] détermine la différence entre la résistance qu'un fluide parfait, incompressible, oppose au mouvement de translation rectiligne $\bar{v}_0$ d'un solide Σ, et la force que le même fluide exercerait sur le solide Σ si l'ensemble matériel (fluide et solide) prenait une translation $-\bar{v}_0$ qui annulerait le mouvement du solide. Cette différence est égale à $M\bar{v}_0$, si M signifie la masse du fluide déplacé par Σ, c'est-à-dire à la force d'inertie du fluide déplacé.

Or j'avais déjà établi ce résultat il y a longtemps [3] en employant presque la même méthode. Ultérieurement j'avais même étendu ce résultat à une rotation uniforme du solide Σ autour d'un axe fixe dans un fluide visqueux, incompressible [4].

Je me propose, dans ce qui suit, de démontrer le théorème suivant, qui comprend les deux cas mentionnés ci-dessus :

Le système des forces hydrodynamiques agissant sur un solide Σ animé d'un mouvement quelconque dans un fluide visqueux et en repos à l'infini,

---

(1) Ce voisinage se justifie en recourant à la forme réduite prise par (E_ε)

$$(y-p)^2+q^2=\varphi(x, y, z, p, q; \varepsilon), \tag{1}$$

où φ tend uniformément vers zéro avec ε. En introduisant l'hypothèse qu'*il en est de même des dérivées premières de* φ, on montre que les lignes caractéristiques de (1) tendent (voisinage d'ordre zéro) vers des parallèles à Oz, ou en style invariant, vers les lignes de tourbillon du champ $\vec{V}$; d'où la propriété de l'avant-dernière ligne du texte. Mais cela nécessite l'hypothèse mentionnée sur les dérivées de φ. La propriété de C, courbe limite des intégrales (P) contenant C, ne requiert pas cette hypothèse.

(2) *Ztschr. f. angew. Math. und Mech.*, **16**, II, avril 1936, p. 117.

(3) *Comptes rendus*, **158**, 1914, p. 683.

(4) *Comptes rendus*, **171**, 1920, p. 619.

augmenté du système des forces d'inertie appartenant à la masse fluide déplacée par Σ, est équivalent au système des forces que le même fluide exercerait sur Σ si tout le système matériel (fluide et solide) prenait un mouvement rigide d'ensemble qui annulerait le mouvement de Σ.

En supposant que la force agissant sur l'unité de masse du fluide est g, l'équation qui régit le mouvement du fluide sera

$$(1) \qquad \frac{D\bar{v}}{Dt} = \bar{g} - \frac{1}{\rho}\operatorname{grad} p + \frac{\nu}{3}\operatorname{grad}\operatorname{div}\bar{v} + \nu\Delta\bar{v},$$

avec les notations habituelles. Nous prendrons $\bar{g}$ avec la condition $\bar{g}\operatorname{rot}\bar{g} = 0$ qui assure l'équilibre du fluide sous l'action de la force $\bar{g}$. En rapportant le mouvement à un trièdre invariablement lié au solide Σ on devra ajouter les forces d'inertie de transport et les forces de Coriolis $-\bar{a}_t$ et $-\bar{a}_c$, de sorte que l'équation précédente deviendra

$$(2) \qquad \frac{D\bar{v}}{Dt} = \bar{g} - \bar{a}_t - \bar{a}_c - \frac{1}{\rho}\operatorname{grad} p + \frac{\nu}{3}\operatorname{grad}\operatorname{div}\bar{v} + \nu\Delta\bar{v}.$$

Si tout le système matériel (fluide et solide) prenait un mouvement rigide qui annulerait le mouvement de Σ, le trièdre considéré serait fixe et le mouvement du fluide serait donné par l'équation (1). En appelant p_1 la pression dans ce dernier cas et en remarquant que la vitesse est soumise aux mêmes conditions aux limites, on en déduit

$$(3) \qquad \operatorname{grad}(p_1 - p) = \rho(\bar{a}_t + \bar{a}_c).$$

Si cette condition *peut* être remplie, et si l'on désigne par $(\overline{\mathcal{R}}, \overline{\mathfrak{M}})$ le torseur des forces hydrodynamiques agissant sur Σ dans le cas du mouvement du solide, et par $(\overline{\mathcal{R}}_1, \overline{\mathfrak{M}}_1)$ le torseur des mêmes forces dans le cas où Σ reste en repos, on aura

$$(4) \qquad \overline{\mathcal{R}}_1 - \overline{\mathcal{R}} = \int_\Sigma (p_1 - p)\, d\bar{\sigma}, \qquad \overline{\mathfrak{M}}_1 - \overline{\mathfrak{M}} = \int_\Sigma \bar{r} \times (p_1 - p)\, d\bar{\sigma}.$$

Les intégrales des seconds membres de ces formules sont étendues à toute la surface de Σ. Le vecteur $d\bar{\sigma}$ désigne l'élément de surface de Σ dirigé suivant la normale intérieure.

Prenons maintenant à l'intérieur de Σ une fonction $p_1 - p$ possédant des dérivées premières, et satisfaisant la relation (3). Considérons-la comme le prolongement de la fonction $p_1 - p$ qui existe dans tout l'espace à

l'extérieur de Σ. Supposons que l'équilibre du fluide hypothétique à l'intérieur de Σ soit possible $(\overline{a}_e = 0)$. On obtiendra facilement le raccordement des deux fonctions $p_1 - p$. Alors les relations (4) prendront la forme

$$(5) \qquad \overline{\mathcal{R}}_1 - \overline{\mathcal{R}} = -\int_V \operatorname{grad}(p_1 - p)\,d\tau = -\int_V \rho\,\overline{a}_t\,d\tau,$$

$$(6) \qquad \overline{\mathfrak{M}}_1 - \overline{\mathfrak{M}} = -\int_V \overline{r} \times \operatorname{grad}(p_1 - p)\,d\tau = \int_V r \times \rho\overline{a}_t\,d\tau,$$

en vertu de deux identités que l'on peut établir à l'aide du théorème de Gauss. Ici $d\tau$ désigne l'élément de volume, et les intégrales des seconds membres sont étendues à tout l'espace intérieur à Σ. Les formules (5) et (6) peuvent être écrites sous forme condensée :

$$(\overline{\mathcal{R}}_1, \overline{\mathfrak{M}}_1) = (\overline{\mathcal{R}}, \overline{\mathfrak{M}}) + (\overline{\mathcal{R}'}, \overline{\mathfrak{M}'}),$$

$(\overline{\mathcal{R}'}, \overline{\mathfrak{M}'})$ étant le torseur dû aux forces d'inertie de transport concernant le fluide hypothétique à l'intérieur de Σ. Le théorème est donc démontré. Le développement de cette Note paraîtra ailleurs.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *L'intervalle d'univers en mécanique ondulatoire relativiste.* Note[1] de M. **Jean Mariani**, présentée par M. L. de Broglie.

En mécanique ondulatoire relativiste, on peut, comme le montre le principe d'Heisenberg, déterminer rigoureusement les coordonnées x, y, z, ct, et la transformation de Lorentz est toujours valable; il n'en est pas de même de la notion d'intervalle d'univers

$$(1) \qquad ds = \sqrt{g_{ik}\,dx^i\,dx^k} \qquad (i, k = 1, 2, 3, 4;\ x^4 = ict).$$

En effet, en l'absence de champ électromagnétique extérieur, la trajectoire suivie par le mobile ponctuel est déterminée par la condition

$$(2) \qquad \delta \int ds = 0,$$

qui est l'expression du principe de Fermat dans l'univers quadridimensionnel; la ligne d'univers $\int ds$ constitue un rayon de l'optique

(1) Séance du 16 novembre 1936.

géométrique et ne peut être ainsi définie que dans la mesure où l'optique géométrique est applicable; on parvient à la même conclusion en remarquant que si $\int d\mathrm{V}$ est l'action hamiltonienne relativiste, dont le domaine de validité est restreint à l'optique géométrique, on a

$$\int d\mathrm{V} = \int m_0 c\, ds = nh, \tag{3}$$

m_0 étant la masse de la particule au repos, c la vitesse de la lumière; on en déduit d'ailleurs immédiatement dans ce cas, la cinquième relation d'incertitude

$$\Delta s \geqq \frac{h}{m_0 c}. \tag{4}$$

La relation précédente reste valable dans un champ électromagnétique non nul quand les charges de la particule qui produit le champ et de celle qui en subit l'action sont de signes contraires; en effet, φ étant le potentiel scalaire du champ, on a, pour un observateur au repos par rapport à la particule de charge e, l'expression de l'action

$$d\mathrm{V} = (m_0 c + ec\varphi)\, ds = (m_0 c + ec\varphi) c\, dt. \tag{5}$$

Si $\varphi = -ne/r$ (n entier; $r =$ distance de la particule à la source du champ), on constate que si r décroît à partir de l'infini l'incertitude Δs part de la valeur $h/m_0 c$ et croît jusqu'à $\Delta s = \infty$; cette valeur est atteinte pour $r = ne^2/m_0 c^2$; le temps propre de la particule est alors complètement indéterminé et son énergie propre est nulle : on se trouve donc en présence d'une dématérialisation; si le corpuscule qui produit le champ est un électron de charge positive, celui qui le subit un électron de charge négative ou inversement, la distance critique sera de l'ordre de grandeur du rayon de l'électron; on voit donc que le rayon de l'électron est mis directement en connexion avec le processus de dématérialisation; ce fait ne se produit pas quand on met en présence deux particules de même charge; comme l'équation de Dirac se rapporte à deux corpuscules de charges opposées, ce cas n'est pas à envisager et la relation (4) lui est applicable; réciproquement de (4) on tire $r \geqq e^2/m_0 c^2$; de même, au moyen de la relation de Heisenberg

$$\Delta\mathrm{E}_0\, \Delta t_0 \sim h, \tag{6}$$

on trouve

$$\Delta\mathrm{E}_0 \sim m_0 c^2. \tag{7}$$

Les variations d'énergie propre sont donc au moins de l'ordre de grandeur de l'énergie propre de l'électron, ce qui est bien constaté dans les phénomènes de dématérialisation; d'autre part la relation (4) nous donne la mesure dans laquelle nous pouvons parler de choc de Compton, en raison de l'ambiguïté introduite par elle sur les géodésiques de longueur nulle.

ÉLECTRICITÉ. — *Saturation électrique et point critique de dissolution.* Note de MM. **Arcadius Piekara** et **Bruno Piekara**, présentée par M. Aimé Cotton.

Les recherches récentes sur la saturation électrique dans les mélanges de nitrobenzène et de benzène ([1]) permettent d'admettre que le champ électrique agit de deux façons sur la constante diélectrique des liquides ayant des dipôles permanents. Le premier effet, la saturation électrique, est un effet négatif, qui d'après Debye provient de l'orientation des dipôles dans le champ extérieur. Le deuxième effet, qui est d'une autre origine (*loc. cit.*), est au contraire positif. Il en résulte un effet négatif pour les liquides comme l'éther éthylique (non associé), le chloroforme ([2]) (peu associé) et les solutions de nitrobenzène dans le benzène (*loc. cit.*). Pour le nitrobenzène cependant, dont les dipôles sont associés à un degré notable ([3]), on obtient un effet positif (*loc. cit.*).

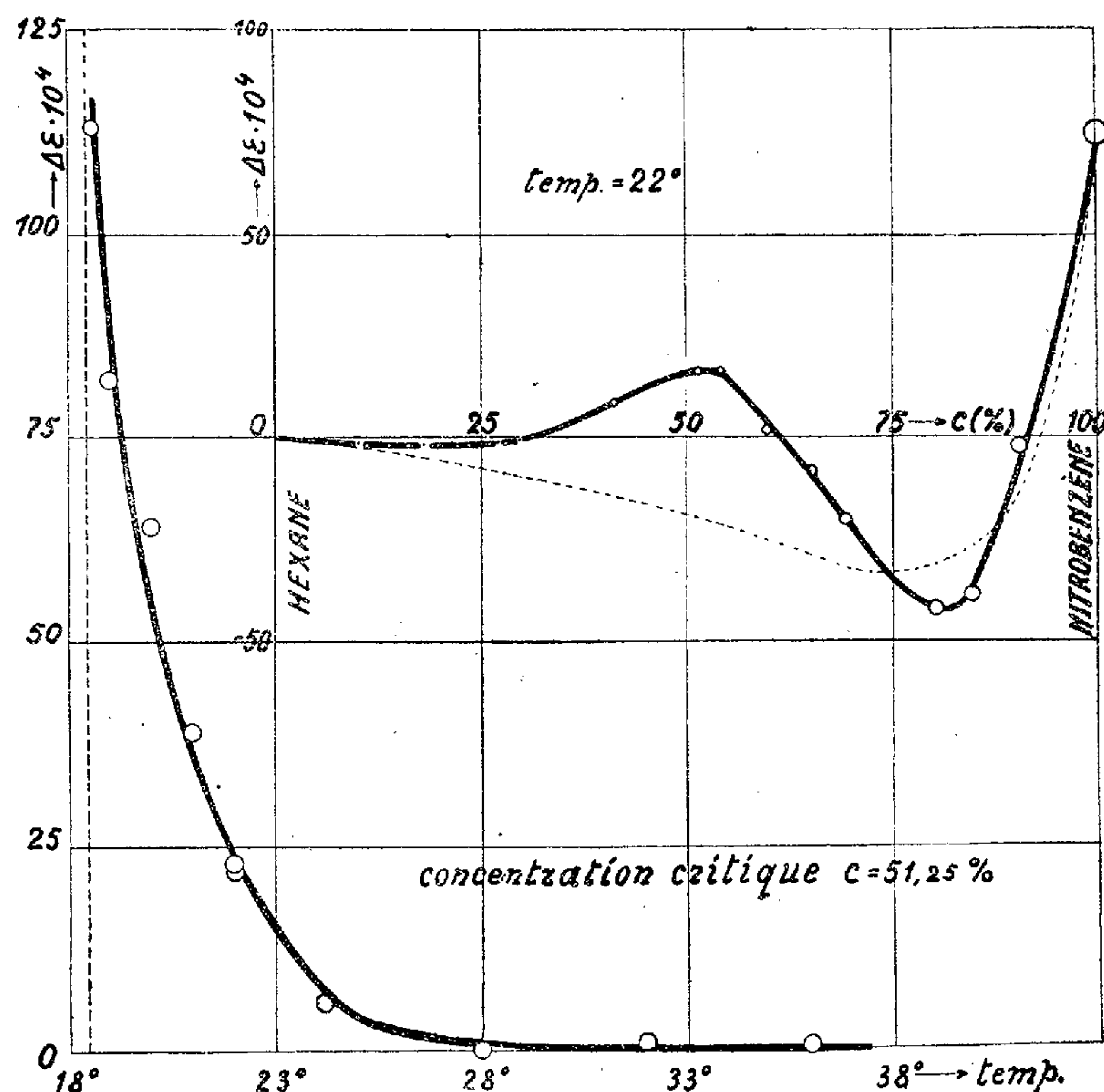
Afin d'établir l'existence de l'effet positif dans différentes conditions, nous avons repris la mesure du changement de la constante diélectrique sous l'action d'un champ électrique pour un mélange ayant un point critique de dissolution. On sait qu'au voisinage de ce point se produisent des fluctuations de la concentration qui se manifestent par l'opalescence critique. Nous avons choisi un mélange de nitrobenzène et d'hexane, dont nous avions étudié autrefois la polarisation diélectrique ([4]). Nous avions montré alors l'influence notable des fluctuations sur la polarisation diélectrique, qui tombait brusquement au voisinage de la température critique. Ce phénomène semble indiquer que les fluctuations de la concentration

---

([1]) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 852.
([2]) F. Kautsch, *Phys. Zeitschr.*, 29, 1928, p. 105.
([3]) A. Piekara, *Bull. Ac. Pol.*, A, 1933, p. 333.
([4]) A. Piekara, *Bull. Ac. Pol.*, A, 1933, p. 319.

ont pour effet une augmentation du nombre moyen des molécules associées. Nous allons voir si, dans ces conditions, apparaîtra l'effet positif dont nous avons parlé.

Les résultats des mesures sont représentés sur la figure ci-dessous. La courbe supérieure montre l'effet du champ électrique sur la constante diélectrique en fonction de la concentration du nitrobenzène (intensité du champ électrique : 70 000 volts/cm; température : 22°). On voit que pour



les faibles concentrations l'effet $\Delta\varepsilon$ est négatif. Quand on se rapproche de la concentration critique ($c = 51$ pour 100 environ) $\Delta\varepsilon$ devient positif, revient ensuite aux valeurs négatives, passe par un minimum et redevient enfin positif pour le nitrobenzène pur. Pour souligner le rôle du point critique dans ce phénomène nous avons mis sur le même dessin une ligne pointillée, donnant l'allure de $\Delta\varepsilon$ pour les mélanges de nitrobenzène et de benzène, qui n'ont pas de point critique de dissolution.

Nous avons examiné aussi cet effet pour une concentration critique en

fonction de la température. Les résultats (pour un champ de 82000 volts/cm) sont représentés sur la même figure. La courbe montre que l'effet, qui pour les températures au-dessus de 28° est presque nul, augmente très brusquement lorsque la température du mélange s'approche du point critique (18°,5, désigné par une ligne verticale pointillée). Cette augmentation apparaît nettement à partir de 25° environ, c'est-à-dire aux températures où les fluctuations de la concentration sont trop faibles pour provoquer une opalescence visible (celle-ci devient nettement visible à 19°,5 à peu près).

Les expériences ci-dessus prouvent donc l'existence d'un effet positif qui, dans ce cas, grâce aux fluctuations critiques de la concentration, atteint des valeurs remarquables.

Ajoutons que l'étude de cet effet en fonction de l'intensité du champ électrique (E) montre que $\Delta\varepsilon$, dans les limites des erreurs expérimentales, est proportionnel à E^2, sauf pour les faibles concentrations et pour le nitrobenzène pur. Dans ce cas nous avons observé de petits écarts dans le même sens que ceux que Kautsch (*loc. cit.*) a observés pour l'éther éthylique et pour le chloroforme.

ÉLECTROCHIMIE. — *Construction systématique de piles à deux liquides sur gélatine.* Note [1] de Mlle **Suzanne Veil**, présentée par M. Georges Urbain.

L'étude des chaînes Pt-gélatine-solution-Pt [dont la force électromotrice mesure le potentiel électrométrique [2] de la solution incluse] conduit immédiatement à l'étude des chaînes à deux liquides Pt-solution I-gélatine-solution II-Pt. Ces dernières chaînes, en effet, correspondent à la mise en série de deux des premières qui seraient connectées par les platines, côté gélatine : leur force électromotrice est égale à la différence algébrique des potentiels électrométriques des solutions confrontées. A partir donc d'une investigation préalable des sels à l'électromètre, il devient possible d'envisager une construction systématique de piles par simple confrontation, sur gélatine, de tels ou tels réactifs appropriés.

I. *Ordre de grandeur réalisable.* — Il est intéressant de connaître l'ordre de grandeur des forces électromotrices susceptibles d'être éventuellement

(1) Séance du 11 novembre 1936.

(2) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 121 et 1665.

réalisées à l'aide du dispositif. Les observations s'adressent exclusivement à l'état de début des chaînes, lesquelles, au cours du temps, sont le siège d'évolutions plus ou moins prononcées.

On obtient des forces électromotrices relativement notables au moyen de solutions à potentiels électrométriques de signe contraire, ou en d'autres termes au moyen de solutions acide et basique, le pôle positif de la pile se trouvant du côté de la solution acide.

Par exemple, le couple nitrate ferrique-sulfure de sodium fournit une pile dont le pôle positif est du côté du nitrate ferrique et dont la force électromotrice est d'un ordre moyen voisin de 1,45 volt. On remarquera que cette force électromotrice, uniquement justifiable par des effets Volta, surpasse sans ambiguïté celle des piles usuelles.

II. *Concentration inégales d'un même électrolyte.* — Lorsque les liquides confrontés sont des solutions inégalement concentrées d'un même électrolyte, le dispositif se ramène à une manière de pile de concentration à électrodes de platine. La connaissance, pour l'électrolyte, de la relation potentiel électrométrique-concentration permet d'évaluer la force électromotrice E du système en fonction des concentrations engagées c_1 et c_2. Dans le cas d'un électrolyte acide, la concentration la plus élevée marque le pôle positif, tandis que le cas d'un électrolyte basique, ce pôle correspond à la concentration la plus basse.

Lorsqu'il s'agit, par exemple, du chlorure cuivrique, la force électromotrice a pour valeur

$$E = \frac{\Pi_\sigma}{\sigma^K}[c_1^K - c_2^K],$$

les constantes σ, Π_σ et K ayant les désignations antérieurement admises dans l'étude électrométrique de ce sel.

L'expression trouvée est différente de la formule classique concernant la pile de concentration à nitrate d'argent et électrodes du même métal, formule dont la validité, on le sait, reste confinée à un certain intervalle de concentration. La formule ci-dessus, au contraire, conserve sa signification jusqu'au cas limite où l'une des solutions est remplacée par de l'eau pure, la force électromotrice du système représentant alors le potentiel électrométrique de l'autre solution.

MAGNÉTISME. — *Structure et propriétés magnétiques du borure de manganèse* MnB. Note [1] de MM. **Raymond Hocart** et **Maurice Fallot**, transmise par M. Pierre Weiss.

La poudre cristalline de composition MnB dont nous avons étudié la symétrie, la structure et les propriétés magnétiques, a été préparée par M. Andrieux selon la méthode qu'il a mise au point [2].

Les cristaux constituants sont opaques et de couleur brune. Ils ont la forme de très petites aiguilles prismatiques dont les dimensions n'atteignent pas, pour les individus homogènes, $0^{mm},4$ dans la direction d'allongement et $0^{mm},05$ suivant l'épaisseur. Ils sont de symétrie orthorhombique.

La méthode du cristal oscillant (K_α du fer, 25 à 30 kV, 6 mA; 15 minutes pour 15°), appliquée successivement à deux aiguilles dans divers domaines angulaires, a donné pour paramètre absolu dans la direction d'allongement

$$[100] = 2,95 \text{ Å}.$$

Les deux autres paramètres absolus ont été calculés à partir du diagramme de poudre

$$[010] = 11,5 \text{ Å}, \qquad [001] = 4,10 \text{ Å}.$$

Ces paramètres sont connus avec une précision qui n'excède pas 0,5 pour 100.

La maille élémentaire contient donc 8 MnB (exp. : 7,83 avec la densité 6,12 mesurée par M. Andrieux).

Le groupe spatial le plus probable est D_{2h}^{6} — $Pnna$.

Dans la maille élémentaire, l'évaluation des coordonnées des atomes Mn a conduit aux résultats suivants, pour les paramètres relatifs

$$x \sim 1/60; \qquad y \sim 15/100; \qquad z \sim 24/100.$$

Les atomes Mn occupent les sommets de tétraèdres qui sont à peu près des sphénoèdres rhombiques; ces tétraèdres forment des couches parallèles au plan (010). Chaque tétraèdre est limitrophe de quatre autres tétraèdres avec lesquels il partage quatre de ses arêtes et ses quatre sommets.

Les paramètres relatifs qui permettent de déterminer les coordonnées

(1) Séance du 16 novembre 1936.

(2) *Thèse*, Paris, 1929.

des atomes B ont vraisemblablement pour ordre de grandeur

$$x \sim 1/4 + \varepsilon; \quad y \sim \varepsilon'; \quad z \sim \varepsilon''.$$

Dans cette structure la plus courte distance Mn-Mn est de 2,3 Å et la plus courte distance Mn-B est de 2,1 Å.

Nous disposions de deux échantillons provenant de préparations différentes, pour lesquels l'analyse chimique indiquait une même composition à 1 pour 100 près. Les réseaux ont été trouvés identiques. Les propriétés magnétiques sont plus sensibles à la présence d'impuretés; en effet, un des échantillons, bien que présentant les plus beaux cristaux, a un point de Curie étalé sur une dizaine de degrés de part et d'autre de 312°C., comme les substances peu homogènes, et sa dureté magnétique, exceptionnellement grande, atteint la valeur 3530. L'autre échantillon, contenant moins d'impuretés, a un point de Curie mieux défini, situé à 299 ± 4°C., sa dureté magnétique reste cependant élevée (2340).

Cette substance est donc difficile à saturer. Dans un champ de 20000^{g} son aimantation spécifique n'atteint que 88 pour 100 de sa valeur à saturation. D'autre part elle varie beaucoup avec la température: entre 21°C. et — 183°C., elle passe de 138,0 à 161,3 C.G.S. La valeur de la saturation absolue déduite de ces expériences est égale à 164,5 C.G.S.

L'atome de Mn, considéré comme seul porteur de moment, possède donc un moment égal à 9,65 magnétons de Weiss dans cette combinaison.

Étant donné la précision relativement faible des mesures magnétiques dans le cas des substances très dures, et d'autre part le manque de connaissances relatives à l'influence des impuretés présentes dans le réseau, on peut estimer que ce moment du manganèse n'est connu qu'à 5 pour 100 près. La valeur trouvée montre cependant que le moment de l'atome de manganèse est plus faible dans ce composé que dans les alliages de Heusler ([1]).

Ces recherches apportent une confirmation nouvelle aux relations établies par Néel ([2]) entre les propriétés magnétiques et la structure. D'après celles-ci, en effet, on peut prévoir, pour le manganèse, une distance

---

([1]) D'après nos mesures, $\mu = 15,1_7$ (alliage préparé par Heusler) et $15,0_8$ (alliage, préparé par S. Valentiner et G. Becker, *Z. f. Phys.*, 93, 1935, p. 629).

([2]) *Ann. de Phys.*, 5, 1936, p. 232, voir aussi pour la distance efficace de Mn, R. Forrer, *J. de Phys.*, 4, 1933, p. 115.

ferromagnétique comprise entre 2,7 et 3,1 Å. Or on a vu que, dans le borure de manganèse, les atomes Mn, disposés en chaînes, ont chacun deux voisins à la distance 2,95 Å.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Étude de transformations produites dans certains métaux par le chauffage dans le vide ou dans l'air.* Note [1] de MM. **Jean-J. Trillat** et **Shiguéo Oketani**, présentée par M. Maurice de Broglie.

Nous avons utilisé la diffraction des électrons pour étudier les modifications subies par divers métaux lorsqu'ils sont chauffés soit dans le vide ou les gaz inertes, soit dans l'air. Pour cela, nous avons construit des dispositifs permettant d'effectuer à des températures bien déterminées, dans des gaz purs, le recuit de feuilles métalliques extrêmement minces ($50^{\mu\mu}$) destinées à l'examen électronique.

Nous avons pris les plus grandes précautions pour éviter toutes les causes d'erreurs que l'un de nous a déjà signalées [2], et qui sont dues principalement aux traces de graisses ou à des impuretés amenées par les supports.

Si l'on étudie en tous ses points une feuille d'or de 50 à $70^{\mu\mu}$ d'épaisseur, au moyen d'électrons de 40 à 50 kilovolts, on observe sur l'écran fluorescent la structure fibreuse ordinaire (*fig.* 1). Cette même feuille, chauffée dans le vide ou les gaz inertes (Az, Ar), à une température de l'ordre de 500° et durant une à deux heures, laisse apparaître un nouveau diagramme distinct du précédent et qui s'y superpose (*fig.* 2); plus la durée du chauffage augmente, et plus ce diagramme se résout en points répartis avec la symétrie d'hexagones réguliers. Enfin cette modification n'apparaît, comme nous avons pu nous en assurer, que dans les régions les plus minces de la feuille d'or.

Nous avons attribué ce phénomène à la mobilité des atomes superficiels du métal qui s'accompagne d'une fluidité donnant naissance, bien au-dessous du point de fusion, à des amincissements locaux et à la formation de sphérolites [3]. Dans ces régions les atomes se groupent en un réseau

---

(1) Séance du 16 novembre 1936.

(2) J. J. Trillat, *Comptes rendus*, 200, 24 avril 1935, p. 1466.

(3) E. N. da C. Andrade, *Trans. Far. Soc.*, 31, 1935, p. 172.

hexagonal de côté $a = 5{,}28$ Å, et dont l'axe (C) est perpendiculaire à la feuille métallique.

Les mêmes phénomènes ont été trouvés pour l'argent pur. Il est remarquable que l'argent possède une maille extrêmement voisine de celle de l'or ($a_{Ag} = 4{,}077$ Å; $a_{Au} = 4{,}070$ Å); or la nouvelle modification qui apparaît par chauffage est également la même pour les deux métaux. Rien de semblable n'a lieu avec les autres métaux étudiés.

Il existe donc pour certains métaux un dimorphisme superficiel qui n'apparaît que par chauffage, et qui n'existe que dans des limites de tempé-

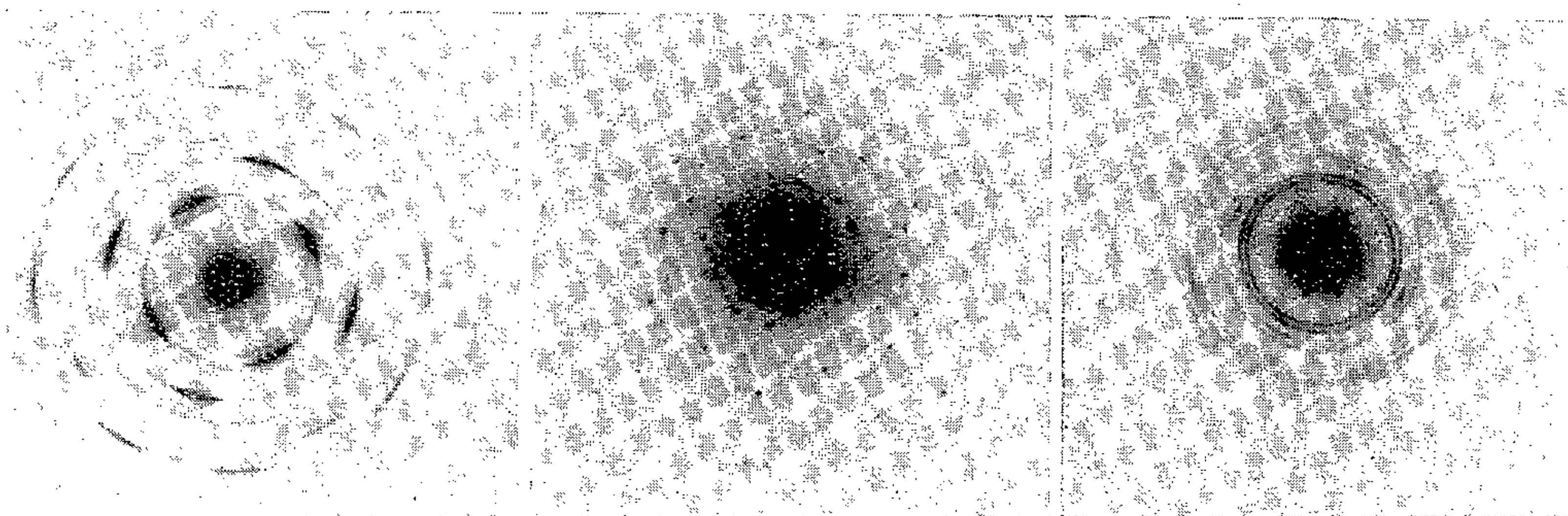


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.

rature bien définies; ainsi, au-dessus de 600°, on n'observe plus que la recristallisation habituelle en gros cristaux cubiques orientés.

Nous avons pu suivre tout ce processus directement sur l'écran fluorescent, grâce à un dispositif permettant le chauffage des préparations dans l'analyseur électronique lui-même; cette méthode peut apporter de précieux renseignements sur la recristallisation des métaux, qui peut être ainsi étudiée à chaque instant, en chaque point et pour chaque température.

Nous avons également étudié ce qui se passe lorsqu'on chauffe des films d'or très minces dans l'air ou l'oxygène. Si l'or ne contient aucune impureté, on observe seulement la modification hexagonale que nous venons de décrire, et qui est donc bien d'origine thermique. Mais si l'or contient des traces de cuivre (1 pour 100), il apparaît dès 400° un diagramme complexe, qui se renforce encore vers 500-550° (*fig.* 3); ce diagramme *disparaît progressivement* par chauffage dans le vide et l'on retrouve alors la structure habituelle de l'or, avec en certains points la modification hexagonale. Cette

disparition a lieu aussi *spontanément* en quelques années, à la température ordinaire.

Ce phénomène est dû à la formation d'un composé d'oxydation instable, facilitée par la présence des traces d'élément oxydable (Cu) et aussi par la porosité particulière à ces films très minces.

Nous avons constaté que les autres métaux (Al, Cu, Fe) donnaient des oxydes stables, non réversibles par l'action de la chaleur dans le vide. Le platine au contraire ne fournit aucune modification.

La diffraction des électrons permet donc de mettre en évidence dans les métaux des transformations jusqu'ici inconnues, et qui présentent certainement une importance au point de vue des phénomènes d'adsorption et de catalyse.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Application des méthodes potentiométriques à la prévision de la corrosion des alliages ferreux.* Note [1] de M. **Louis Guitton**, présentée par M. Aimé Cotton.

Il est possible dans de nombreux cas de caractériser la résistance à la corrosion d'un alliage dans un acide par une simple mesure potentiométrique, à condition de déterminer au préalable la résistance à la corrosion et le potentiel électrochimique d'une gamme d'alliages appartenant au même type que l'alliage étudié et élaborés dans des conditions semblables.

Nous avons fait une série de mesures de potentiels et une série d'essais de corrosion, dans trois solutions d'acides minéraux, sur un acier doux et huit alliages inoxydables ferreux, élaborés au four électrique et comparé graphiquement les résultats obtenus :

1. Les mesures électriques sont exécutées avec un dispositif potentiométrique sensible, une déviation de 1^{mm} du spot lumineux correspondant à 2.10^{-9} ampère. Des polarisations accidentelles étant toujours à craindre au cours des mesures, même avec des courants aussi faibles, nous avons utilisé une microélectrode à cuvette qui permet de faire de nombreuses mesures sur de petites surfaces de l'ordre de 1^{cm^2}; il est ainsi possible de déterminer par tâtonnements sur des points neufs du métal la valeur du potentiel à chaque instant et d'établir des courbes potentiels-temps, en

(1) Séance du 9 novembre 1936.

évitant toute polarisation. Les éprouvettes, découpées dans des tôles de 2^{mm} d'épaisseur, traitées et sablées, permettent une trentaine de mesures sur points neufs.

2. Les essais de corrosion sont exécutés sur plaquettes $40 \times 40 \times 2^{mm}$, découpées dans les tôles mêmes qui servent aux mesures électriques. Elles sont suspendues, après traitement et sablage, au moyen de crochets

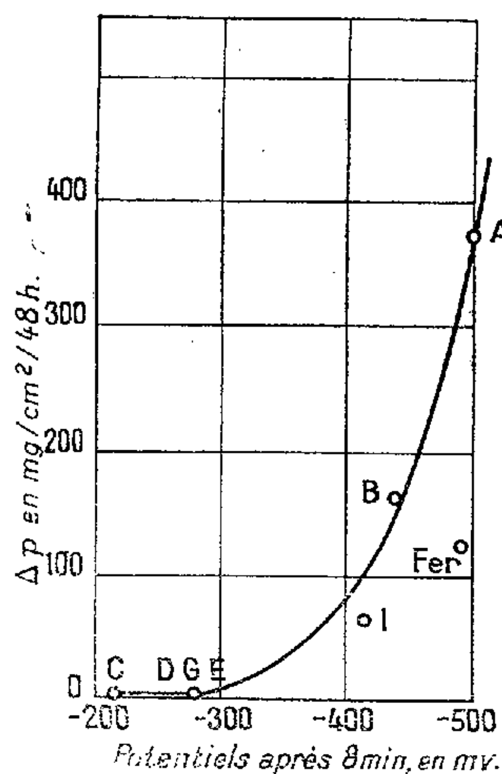


Fig. 1. — Corrosion en fonction du potentiel pour 9 alliages ferreux dans HCL, $d = 1,1$.

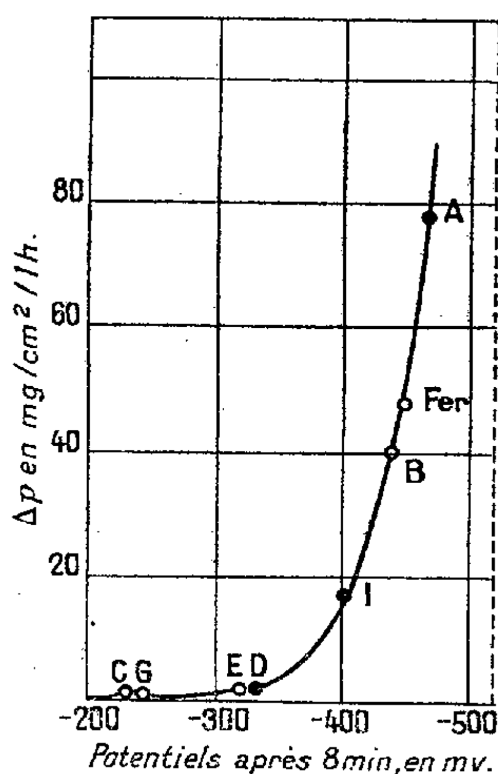


Fig. 2. — Corrosion en fonction du potentiel pour 9 alliages ferreux dans HCL, $d = 1,18$.

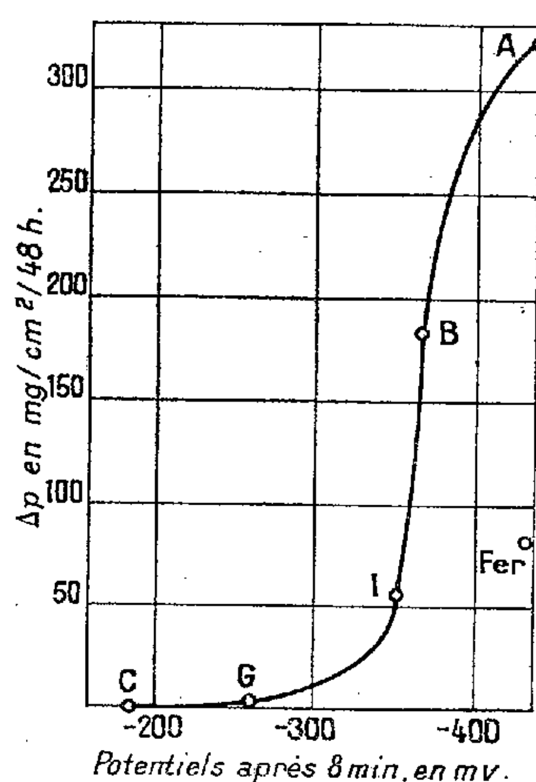


Fig. 3. — Corrosion en fonction du potentiel pour 9 alliages ferreux dans SO^4H^2, $d = 1,4$.

de verre, dans des béchers de $0^l,75$, remplis de la solution acide et maintenus à 30° C. dans des étuves électriques.

3. Sur deux axes de coordonnées rectangulaires, portons en ordonnées les corrosions croissantes exprimées en mg/cm² et en abscisses les potentiels rapportés à l'électrode au calomel et évalués en mv : les valeurs les moins électronégatives correspondant aux alliages les plus nobles se trouveront à gauche des figures. Marquons pour chacun des métaux étudiés le point qui a pour abscisse son potentiel et pour ordonnée sa perte de poids dans le même électrolyte, les potentiels et les pertes de poids étant mesurés après des temps arbitraires, mais respectivement identiques pour tous les alliages. Si la courbe obtenue est régulièrement ascendante, par exemple, il y aura une relation simple entre la corrosion et le potentiel.

Nous avons tracé pour chaque milieu un ensemble de diagrammes en faisant varier ces temps et constaté que les points se répartissent sur des

courbes simples à condition de prendre les potentiels stabilisés après quelques minutes et les corrosions après un temps variable avec l'électrolyte, tel que les pertes de poids aient des valeurs moyennes comprises entre 5 et 500 mg/cm² par exemple. Dans les trois diagrammes que nous reproduisons nous avons marqué les points caractéristiques des neufs alliages étudiés A, B, C, D, E, G, I et acier doux, avec, en abscisses les potentiels après 8 minutes, et en ordonnées les corrosions après 48 heures (*fig.* 1, HCl, $d = 1,1$), 1 heure (*fig.* 2, HCl, $d = 1,18$) et 48 heures (*fig*, 3, SO^4H^2, $d = 1,4$) respectivement; on constate qu'ils ne comportent que le fer comme irrégularité : le point caractéristique de ce métal est au-dessous des courbes, dans les diagrammes 1 et 3.

Si l'on définit mathématiquement la courbe très régulière de la figure 2 par les points I, A, D et par la condition de tangence à l'axe des potentiels en un point indéterminé, on arrive à l'équation

$$\Delta p_{1h} = \frac{0,156(V_s + 289,5)^2}{V_s + 525,5}$$

qui représente la courbe d'une façon très satisfaisante. Elle définit un alliage de corrosion nulle pour $V_s = -289,5$ mv et une asymptote (portée *fig.* 2) pour $V_s = -525,5$ mv.

Dans la théorie électrochimique de la corrosion, on a $dp/dt = K.M/n.\Sigma i$; p est le poids de l'éprouvette, K une constante, M le poids moléculaire, n la valence et i le courant dans chaque pile locale, le signe Σ étant étendu à l'ensemble de ces piles. On a

$$\frac{dp}{dt} = K\frac{M}{n}\sum\frac{e}{r} = K\frac{M}{n}\sum\frac{E_H - \eta - E_M}{r},$$

r est la résistance intérieure de chaque pile, η la surtension, pour l'hydrogène, des hétérogénéités superficielles; E_H et E_M sont respectivement le potentiel de l'hydrogène et celui du métal de fond.

On voit qu'il ne peut y avoir de relation simple entre dp/dt et E_M que si les alliages ont des valeurs de M, η et r voisines. On voit de plus que l'acier doux, qui contient nécessairement moins d'impuretés que les alliages, doit avoir, à potentiel égal, une corrodabilité plus faible que ceux-ci, ce que nous avons observé (*fig.* 1 et 3).

Nous avons vérifié par de nombreux essais que la loi ne s'applique pas à des métaux purs.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la structure des séléniures de méthyle et d'éthyle.* Note de M. **Pierre Donzelot**, présentée par M. Robert Lespieau.

L'auteur a étudié les spectres de vibration des séléniures de méthyle et d'éthyle par la méthode des spectres Raman et des spectres d'absorption infrarouges.

Séléniure de méthyle $Se(CH^3)^2$. — Les fréquences Raman sont les suivantes : 236 (16), 587 (140), 602 (55), 1282 (11), 1424 (10), 2820 (1), 2918 (26), 2990 (16). Les nombres entre parenthèses expriment les intensités relatives des différentes raies.

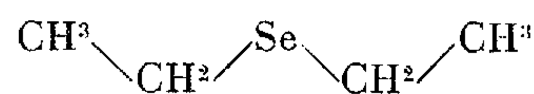
Si l'on néglige les fréquences supérieures à 1000, qui représentent les oscillations dues à CH^3, il reste trois raies dont l'attribution est facile, grâce aux mesures de dépolarisation que nous avons faites par une méthode analogue à celle décrite par M. Cabannes. La fréquence 236 correspond à l'oscillation de déformation; elle est en effet polarisée. La fréquence 587, polarisée, est celle de l'oscillation symétrique; la fréquence antisymétrique correspond à la raie 602 : la valeur de ρ est ici 6/7.

En supposant que les groupements CH se comportent comme des ensembles oscillant d'un bloc, on peut établir sans difficultés des relations entre les trois fréquences signalées et les constantes de la molécule. On obtient pour la constante f des forces de valence : $f = 2{,}62.10$ dynes/cm, pour la constante d des forces de déformation : $d = 0{,}4.10$ dynes/cm, et pour l'angle α des valences : $\alpha = 99^\circ{,}30$ environ.

L'étude du spectre d'absorption dans l'infrarouge montre des maxima d'absorption pour les fréquences (exprimées aussi en cm^{-1}) : 697, 725, 760, 786, 803, 855, 934, 956, 1000, 1105, 1183, 1235 et 1430. La plupart de ces valeurs représentent des fréquences d'intercombinaison des fréquences fondamentales précisées plus haut.

Séléniure d'éthyle $Se(C^2H^5)^2$. — Les fréquences Raman sont : 167 (1), 276 (3), 309 (5), 556 (70), 579 (12), 960 (5), 1045 (3), 1241 (7), 1420 (5), 1450 (6), 2863 (4), 2922 (10) et 2952 (5).

Nous ferons correspondre à ce séléniure le modèle plan



composé de cinq groupements oscillant chacun d'un bloc. Si nous éliminons les fréquences supérieures à 1200, qui correspondent aux vibrations

propres de CH^2 ou de CH^3, on peut attribuer au groupement central les fréquences fondamentales : 276, 556 et 579. La dernière, dépolarisée étant la fréquence antisymétrique; la première étant la fréquence basse de déformation. Il est possible de calculer simplement le résultat du couplage de l'oscillation C — C du groupe — CH^2 — CH^3 avec l'antisymétrique ou la symétrique du séléniure de méthyle; on prévoit ainsi deux fréquences à 583 et 568, l'expérience donne 579 et 556. On peut également prévoir, par un raisonnement simple, que la fréquence C — C, située à 990, du groupement CH^2 — CH^3 doit faire place, par suite de l'existence de deux tels groupements unis par l'atome lourd de Se, à deux fréquences, l'une inférieure, l'autre supérieure. De ces deux fréquences, l'une est polarisée, l'autre dépolarisée. L'expérience donne : 960 (dépolarisée) et 1045 (polarisée). Dans ce dernier corps, la distinction entre oscillations de valence et oscillations de déformation perd sa netteté.

Les fréquences des maxima d'absorption infrarouges sont : 702, 727, 757, 800, 840, 952, 971, 1006, 1155, 1261, 1348, 1592, 1923 et 2160. Toutes ces fréquences, à l'exception de 702 et de 800 qui doivent être des fondamentales du séléniure d'éthyle, peuvent être retrouvées comme fréquences d'intercombinaison ou comme harmoniques.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Sur un optimum de réactivité chimique des gaz adsorbés à leur température critique.* Note de M. **Guy Emschwiller**, présentée par M. Georges Urbain.

Je me propose, dans la présente Note, d'attirer l'attention sur l'influence de la température sur les vitesses de transformation chimique des gaz au cours de réactions où interviennent des phénomènes d'adsorption. Ce type de réactions intéresse l'important domaine de la catalyse hétérogène.

L'analyse des facteurs sur lesquels la température est ici susceptible d'agir conduit à en distinguer au moins trois :

1° influence de la température sur la quantité de gaz adsorbé;

2° influence de la température sur la vitesse de réaction chimique;

3° influence de la température sur l'état dans lequel peut se trouver le gaz adsorbé.

L'influence de la température sur l'adsorption des gaz a été étudiée dans des travaux multiples; c'est un résultat général que l'adsorption diminue quand la température s'élève. Mais les variations demeurent assez faibles si la température change peu. Ainsi l'adsorption du gaz carbonique par

du charbon de fusain diminue d'environ 15 pour 100 de 15 à 25° et de 25 à 35° ([1]).

On sait par contre l'influence très grande de la température sur la vitesse des réactions chimiques usuelles, multipliée par 2, 3 ou davantage pour des élévations de température de 10°. Ces coefficients de température sont, il est vrai, abaissés pour les réactions catalysées, résultat qu'on interprète en admettant une diminution des énergies d'activation, mais ils demeurent encore très notables.

Au total, l'accélération thermique de la réaction chimique doit l'emporter, et de beaucoup, sur la diminution du pouvoir adsorbant. De la sorte, au cours de réactions chimiques de gaz conditionnées par des phénomènes d'adsorption, les vitesses de transformation devraient aller croissant avec la température. Or certains résultats expérimentaux paraissent en désaccord avec une telle conclusion et m'obligent à envisager un troisième facteur, l'influence de la température sur l'état même dans lequel peut se trouver le gaz adsorbé.

Je citerai d'abord cette réaction de transformation d'un gaz d'importance vitale, l'assimilation du gaz carbonique par les plantes vertes. En vérité c'est une réaction fort complexe, où semblent intervenir tout à la fois des modifications photochimiques et chimiques, des facteurs protoplasmiques et aussi des phénomènes d'adsorption. O. Warburg en particulier a nettement montré les relations entre l'assimilation chlorophyllienne et l'adsorption de l'anhydride carbonique par les cellules ([2]). La température agit grandement sur la vitesse de cette assimilation qui double entre 20 et 30°; mais il y a une température optimum au delà de laquelle l'assimilation diminue brusquement et rapidement. Le point optimum varie un peu suivant l'intensité lumineuse et suivant les saisons, entre 28 et 33°; sa valeur moyenne est 31°.

La transformation du gaz carbonique en glucides a été réussie *in vitro* par E. C. C. Baly et ses collaborateurs, grâce à l'irradiation en présence d'eau tenant en suspension des corps solides comme l'alumine, les carbonates basiques de zinc, d'aluminium, de magnésium, ou mieux encore des carbonates colorés, tels ceux de nickel et de cobalt ([3]). E. C. C. Baly

([1]) P. CHAPPUIS, *Ann. Physik*, **12**, 1881, p. 161.

([2]) Voir l'article de E. WARBURG, *Photochemie,* dans *Handbuch der Experimentalphysik*, Leipzig, **18**, 1928, p. 153.

([3]) *Proc. Roy. Soc. London*, A, **116**, 1927, p. 197, 212, 219; A, **122**, 1929, p. 393.

a insisté sur le rôle prédominant joué dans ses expériences par les actions de surface. Ici encore la vitesse de formation des glucides est fonction de la température; elle croît rapidement entre 20 et 31° pour décroître très vite au delà de 31°. Cette température de 31° est, d'après E. C. C. Baly, celle à laquelle le plus grand nombre de molécules d'anhydride carbonique subit l'activation par adsorption; c'est justement la valeur moyenne trouvée pour l'optimum d'assimilation des plantes.

Puisque la même valeur se retrouve dans des systèmes aussi différents qu'une feuille et une suspension de carbonate de nickel, il semble logique de la considérer comme caractéristique du gaz carbonique lui-même. Précisément cette température est, à très peu près, la température critique du gaz carbonique (31°,35 selon Amagat). Il est concevable que les propriétés d'un gaz adsorbé puissent subir une brusque variation quand on franchit sa température critique, qu'en deçà et au delà les états d'activation puissent être différents.

Un autre exemple d'influence de la température sur des réactions de corps gazeux adsorbés a été signalé récemment par E. Desparmet au cours d'une étude sur la polymérisation de carbures d'hydrogène non saturés en présence d'anhydride phosphorique [1]. En ce qui concerne l'influence de la température, une différence extrêmement nette se révèle entre l'éthylène et l'isobutylène; pour l'isobutylène la vitesse de réaction est multipliée par 5 ou 6 quand on passe de la température ordinaire à 110°, tandis que pour l'éthylène la réaction n'a lieu qu'à froid et s'arrête quand on chauffe. On peut relier ces curieux résultats à ceux qui intéressent le gaz carbonique si l'on considère que la température critique de l'isobutylène est 150°,7 et celle de l'éthylène 9°,5, l'isobutylène réagissant par conséquent au-dessous de sa température critique dans les expériences de E. Desparmet, et l'éthylène au-dessus.

Il apparaît donc que la température peut influer sur l'état même des gaz adsorbés et leur aptitude réactionnelle, une variation brusque accompagner leur passage par la température critique, cette constante thermique absolue caractéristique de chaque gaz, la vitesse de transformation du gaz adsorbé allant croissant avec la température jusqu'à la température critique et décroissant ensuite rapidement.

---

(1) *Bull. Soc. chim. de France*, 5e série, 3, 1936, p. 2047.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Oxydation de l'hydroquinone par l'air en présence de sulfite de monométhylammonium. Oxydation de l'acide hydroquinone monosulfonique en présence de monométhylamine.* Note de Mlle **YVONNE GARREAU**, présentée par M. Georges Urbain.

Lorsqu'un mélange d'hydroquinone et de sulfite d'ammonium est oxydé par l'air en présence d'hydroxyde cuivrique ammoniacal, la molécule d'hydroquinone fixe deux groupes — NH^2 et deux groupes — SO^3H pour donner deux composés isomères ([1]) que j'ai appelés acides α-et β-diamino-quinone-disulfoniques $C^6O^2(NH^2)^2(SO^3H)^2$.

Il était probable qu'en remplaçant l'ammoniac par une amine primaire comme la monométhylamine, deux produits se formeraient, différant des précédents par le remplacement des deux groupes — NH^2 par les deux groupes — $NH.CH^3$.

Je n'ai pu isoler qu'un seul composé, et il ne contient qu'un — SO^3H au lieu de deux. Je l'appellerai : acide diméthyldiamino-quinone-mono-sulfonique, $C^6HO^2(NH.CH^3)^2.SO^3H$.

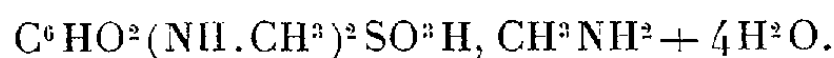
J'ai obtenu ce même acide en oxydant par un courant d'air, en présence de monométhylamine, une solution d'acide hydroquinone-monosulfonique additionnée de $Cu(OH)^2$ (sans SO^3—).

Ce composé, comme les acides diamino-quinone-disulfoniques, donne des sels peu solubles avec différentes substances biologiques : glycocolle arginine, cystine, histidine, créatine, brucine.

TECHNIQUE : 1° *Hydroquinone.* — Une solution contenant : monométhylamine 110^g, SO^2 65^g, hydroquinone 20^g, hydroxyde de cuivre 2^g, eau q. s. p. 1^l, est placée sur la machine à agiter. Après 15 jours d'agitation, le liquide est évaporé à sec dans le vide, et le résidu repris par l'eau chaude; par refroidissement, des cristaux fins se déposent. Après essorage et traitement au noir animal, ces cristaux sont purifiés par plusieurs cristallisations dans l'eau en présence d'une petite quantité de monométhylamine.

2° *Acide hydroquinone-monosulfonique.* — Une solution contenant : acide hydroquinone-monosulfonique 4^g, monométhylamine à 40 pour 100 15^g, $Cu(OH)^2$ $0^g,7$, eau q. s. p., 150^{cm^3}, est agitée plusieurs jours au contact de l'air; après évaporation dans le vide, le résidu est repris par l'eau et traité par H^2S; la solution filtrée est évaporée. Des cristaux identiques aux précédents se déposent.

Diméthyldiamino-quinone-monosulfonate de monométhylammonium :



$$C^6HO^2(NH.CH^3)^2SO^3H, CH^3NH^2 + 4H^2O.$$

([1]) *Bull. Soc. chim. Fr.*, 5e série, **1**, 1934, p. 1563; *Comptes rendus*, **201**, 1935, p. 1515, et **202**, 1936, p. 1186.

Aiguilles brunes translucides solubles dans l'eau; chauffées à 105°, perdent 4 molécules d'eau.

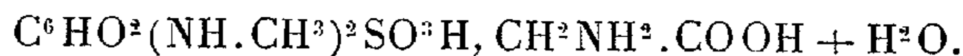
Analyse du produit anhydre. — Eau de cristallisation % 20,63; C % 38,95; H % 5,45; N % 15,16; S % 11,60 (calculé pour $C^9H^{15}O^5N^3S$: eau % 20,52; C % 38,61; H % 5,39; N % 15,45; S % 11,56).

Acide diméthyldiamino-quinone-monosulfonique : $C^6HO^2(NH.CH^3)^2SO^3H$. — Une solution à 30 pour 100 du produit décrit ci-dessus traitée par un excès d'acide chlorhydrique, laisse déposer immédiatement un précipité rouge, qui, essoré et lavé à l'eau froide, apparaît au microscope sous forme d'aiguilles peu solubles même dans l'eau chaude, très peu solubles dans l'alcool méthylique, insolubles dans les autres solvants usuels.

Analyse. — C % 38,80; H % 4,52; N % 11,31; S % 13,07 (calculé pour $C^8H^{10}O^5N^2S$: C % 38,99; H % 4,09; N % 11,38; S % 13,02).

Cet acide, traité par une solution de KOH à l'ébullition, perd son azote sous forme de monométhylamine. On trouve dans le distillat 1,93 mol-g de monométhylamine pour 1 mol-g de produit (théorie 2 mol-g).

Diméthyldiamino-quinone-monosulfonate de glycocolle :



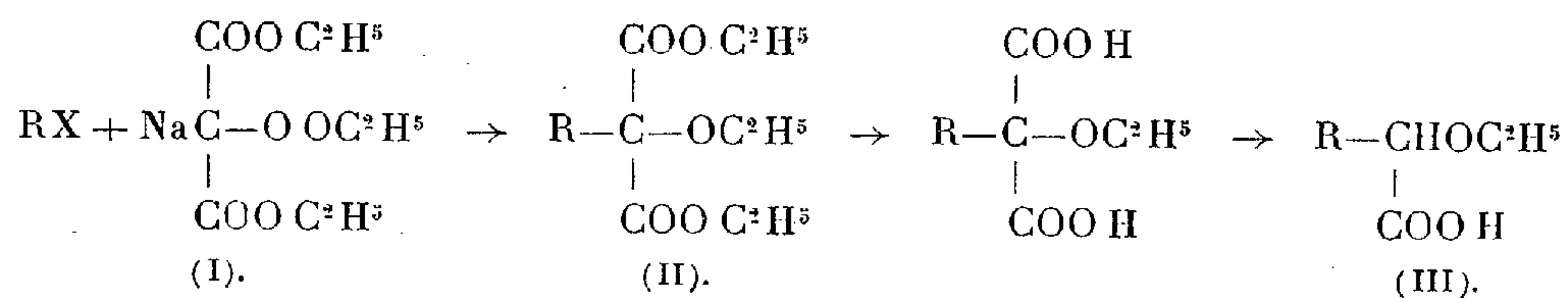
$$C^6HO^2(NH.CH^3)^2SO^3H, CH^2NH^2.COOH + H^2O.$$

L'acide qui vient d'être décrit se dissout facilement dans une solution aqueuse chaude de glycocolle. Le sel précipite par refroidissement en longues aiguilles rouge violacé, F = 235°, assez peu solubles dans l'eau froide, insolubles dans les autres solvants usuels.

Analyse. — C % 35,61; H % 5,17; N % 12,60; S % 9,63 (calculé pour $C^{10}H^{17}O^8N^3S$: C % 35,37; H % 5,05; N % 12,74; S % 9,74).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques α-éthoxy-acides éthyléniques.* Note de M. **Maxence Meyer**, présentée par M. Marcel Delépine.

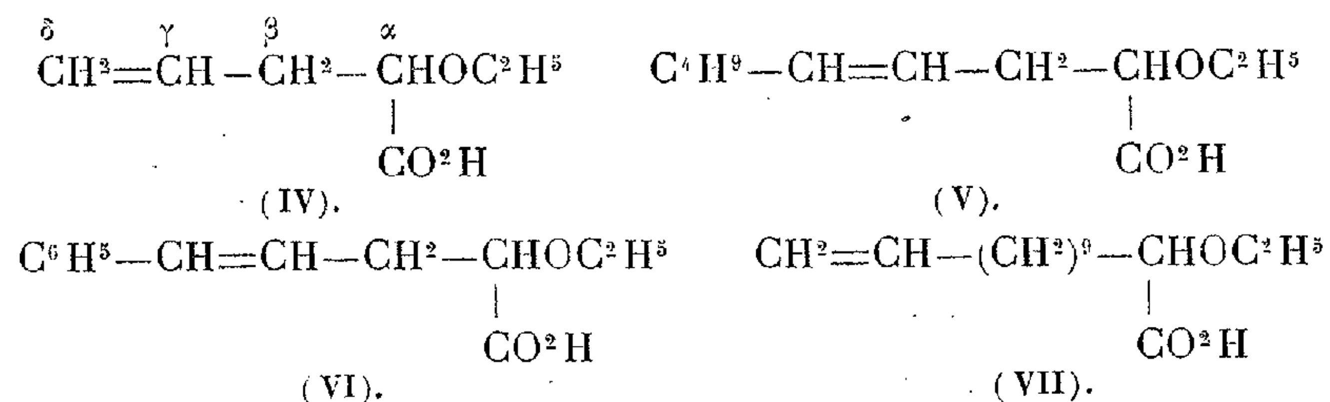
En collaboration avec G. Darzens (1), nous avons indiqué une méthode très générale de synthèse des α-éthoxy-acides. En faisant réagir un dérivé halogéné de formule RX, sur l'éther éthoxy-malonique sodé de formule (I), on obtient un éther éthoxy-malonique substitué de formule (II), qui saponifié et décarboxylé donne l'α-éthoxy-acide de formule (III)



(1) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 489.

Cette méthode permet d'atteindre des α-éthoxy-acides qu'on ne pourrait pas obtenir avec les méthodes ordinaires, en particulier dans le cas où le radical R est éthylénique.

J'ai préparé par ce procédé quatre acides de formules (IV), (V), (VI), (VII). Dans les trois premiers, contenant respectivement les radicaux allyle, isobutyl-allyle et cinnamyle, la double liaison y est en position γδ



Dans le quatrième acide, de formule (VII), la double liaison est très éloignée du groupe COOH. Cet acide a été préparé en condensant le chlorure d'undécényle avec l'éther éthoxy-malonique sodé.

Le bromure d'allyle et de cinnamyle ont été préparés par l'action de l'acide bromhydrique sec sur les alcools allylique et cinnamique. Le bromure d'isobutylallyle a été préparé par l'action du tribromure de phosphore sur l'isobutyl-vinyl-carbinol selon la méthode indiquée par Bouis [1].

Le chlorure d'undécényle n'était pas connu. Je l'ai préparé selon la méthode indiquée par Darzens [2] par l'action du chlorure de thionyle sur l'alcool undécylénique en présence de diméthylaniline. L'addition de chlorure de thionyle au mélange de diméthylaniline et d'alcool undécylénique doit être faite dans la glace. Quand elle est terminée en chauffe le produit de la réaction au bain d'huile à 140° pendant trois heures pour chasser l'anhydride sulfureux. Dans ces conditions on a un rendement de 80 pour 100 en chlorure d'undécényle qui bout à 120° sous une pression de 15^{mm} de mercure.

Pour les bromures d'allyle, d'isobutyl-allyle et de cinnamyle la condensation éthoxy-malonique se fait de la façon suivante : dans 500^{g} d'alcool absolu on dissout 23^{g} de sodium, on y ajoute ensuite 204^{g} d'éther éthoxy-malonique, puis, progressivement, une molécule de bromure en ayant soin

---

(1) *Annales de Chimie*, 10e série, 10, 1928, p. 113.

(2) *Comptes rendus*, 152, 1911, p. 1314.

de refroidir pour éviter que la réaction ne s'emballe. On termine en mettant ensuite pendant une heure à l'ébullition dans un ballon muni d'un réfrigérant ascendant. Les éthers éthoxy-maloniques sont alors isolés selon la méthode habituelle par lavage à l'eau, séchage et distillation fractionnée.

Les points d'ébullition sont : éther-allyl-éthoxy-malonique ($E_{15} = 139°$), éther isobutyl-allyl-éthoxy-malonique ($E_4 = 145°$), éther cinnamyl-éthoxy-malonique ($E_4 = 183°$).

La double liaison en $\gamma - \delta$ favorise la condensation, qui se fait avec un rendement de 80 à 90 pour 100. La condensation de chlorure d'undécényle se fait, au contraire avec un mauvais rendement. Après plusieurs essais, je n'ai pu obtenir un rendement supérieur à 18 pour 100. On emploie comme solvant un mélange en parties égales de toluène et d'alcool absolu; 1200^g de ce mélange dissolvent à peu près complètement à froid une molécule d'éther éthoxy-malonique sodé. La réaction se fait donc en milieu homogène. L'éther éthoxy-malonique sodé et le chlorure d'undécényle ont été laissés un mois en contact à froid, puis 24 heures à l'ébullition au réfrigérant ascendant. L'éther undécényl-éthoxy-malonique obtenu bout à 150° sous 3^{mm}; il a une légère odeur qui rappelle celle de l'alcool undécélynique. Les acides sont obtenus par saponification des diéthers précédents. L'acide allyl-éthoxy-malonique est soluble et s'extrait à l'éther. Il fond à 93°. L'acide isobutyl-allyl-éthoxy-malonique qui s'est en partie décarboxylé pendant la saponification n'a pas cristallisé. L'acide cinnamyl-éthoxy-malonique fond à 130°. L'acide undécényl-éthoxy-malonique cristallise sous forme de lamelles feutrées. Il fond à 56°. Ces acides ont été recristallisés dans l'acide acétique. Ils se décarboxylent lorsqu'on chauffe au bain d'huile à 150° et donnent les acides α éthoxy correspondants. Ces derniers sont liquides. Ils sont très visqueux quand leur poids moléculaire est élevé, mais aucun n'a cristallisé. Ils distillent sans décomposition dans le vide.

On fait facilement les chlorures d'acides correspondants en faisant réagir sur les acides le chlorure de thionyle en léger excès à froid et pendant 24 heures. On distille ensuite les chlorures d'acides directement dans le vide.

En faisant réagir ces chlorures d'acides sur l'ammoniaque on obtient les amides. Voici les points d'ébullition et de fusion des acides, chlorures d'acides et amides obtenus :

Acide allyl-éthoxy-acétique $E_{15} = 120°$; chlorure d'acide $E_{13} = 56°$. L'amide recristallisé dans l'eau bouillante fond à 69°,5. Acide isobutyl-allyl-éthoxy-acétique $E_{3,5} = 136°$; chlorure d'acide $E_{14} = 108$; amide F. = 56°.

Acide cinnamyl-éthoxy-acétique $E_3 = 170°$; chlorure d'acide $E_{3,5}$: 126°-127°; amide F. = 98°.

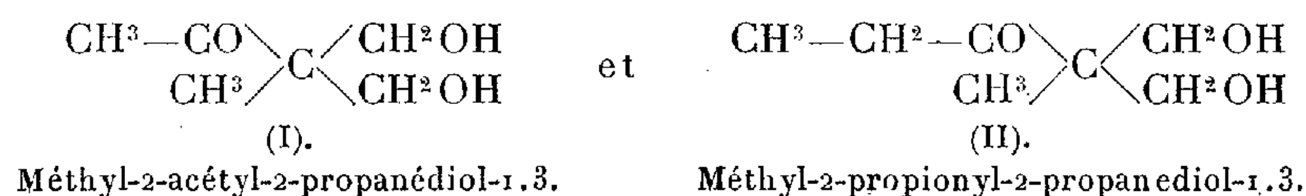
Acide undécényl-éthoxy-acétique $E_4 = 170°$; chlorure d'acide $E_4 = 136°$; l'amide soluble dans l'alcool et l'éther fond à 49°.

J'essaie de réaliser la décomposition de ces acides en aldéhydes éthyléniques, alcool et oxyde de carbone conformément à la Note précédemment citée.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la condensation des cétones avec le formol en milieu alcalin.* Note de M. **Jean Décombe**, présentée par M. Marcel Delépine.

Nous avons montré ([1]) que les β-cétols à fonction alcoolique primaire sont des matières premières commodes pour préparer les cétones β-chloréthylées α-substituées et les cétones vinylées qui leur correspondent ([2]). Ces β-cétols s'obtiennent en condensant les cétones avec le formol en présence de carbonate de potassium; mais à côté de chacun d'eux, on isole un produit supérieur résultant de la fixation de deux molécules de formol sur une molécule de cétone. Même dans les conditions où nous nous sommes placé, c'est-à-dire en opérant à froid et en présence d'un très grand excès de cétone, les quantités de céto-glycols ainsi obtenus ne sont jamais négligeables; elles augmentent quand diminue l'excès de cétone et finissent par devenir prépondérantes. La réaction devient alors une méthode de préparation de ces composés. Toutefois, si l'excès de cétone est insuffisant (moins de trois fois la quantité théorique) la formation de résine et de produits de condensation plus avancés (polyméthylolés) modifie les résultats.

A partir de la méthyl-éthylcétone et de la diéthylcétone nous avons isolé deux céto-glycols $C^6H^{12}O^3$ et $C^7H^{14}O^3$ sur les formules desquels on pouvait hésiter, en ce qui concerne la place de la seconde fonction alcool dans la molécule. Mais après les considérations qui vont suivre, nous croyons devoir leur attribuer les formules respectives suivantes :



(I). Méthyl-2-acétyl-2-propanédiol-1.3. (II). Méthyl-2-propionyl-2-propanediol-1.3.

([1]) J. Décombe, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1685.

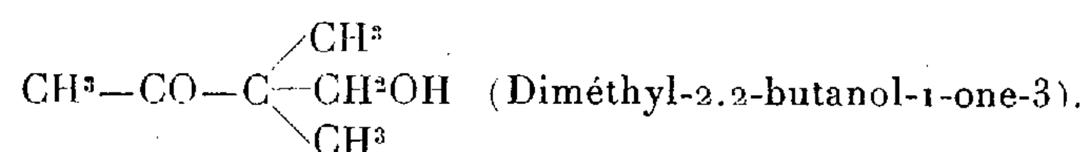
([2]) Depuis notre dernière Note, il vient d'être publié un intéressant travail sur le même sujet (J. Colonge, *Bull. Soc. chim.*, 5e série, 3, 1936, p. 2116).

En effet : 1° Dans une condensation identique avec l'acétone, Gault [1] a déjà montré qu'on isole à côté de la butanolone attendue une certaine quantité de méthylène butanolone $CH^3—CO—C(CH^3)=CH^2$, provenant vraisemblablement de la déshydratation spontanée du céto-glycol $CH^3—CO—CH(CH^2OH)^2$ préalablement formé. Il y a donc lieu de penser que dans les deux cas précédents, la seconde molécule de formol s'est fixée sur le carbone déjà substitué au voisinage du carbonyle; sur les molécules ainsi formées, il n'y a plus de déshydratation possible.

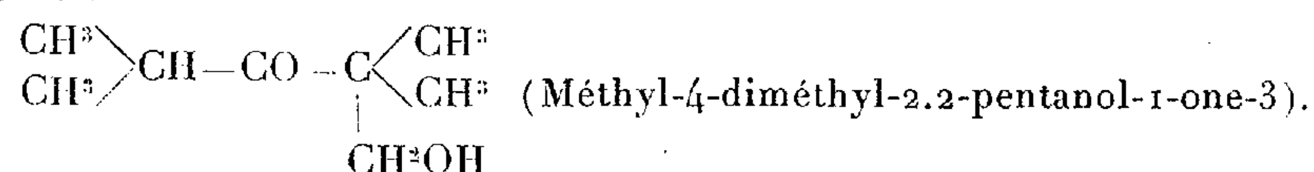
2° Nous avons vérifié que ces composés ne se transforment pas en cétones éthyléniques par distillation avec de l'iode ou du chlorure de zinc et qu'ils ne réagissent pas à froid avec l'acide chlorhydrique pour donner des cétones β-chloréthylées comme le font, ainsi que nous l'avons précédemment montré (*loc. cit.*), les β-cétols simples.

3° Enfin, pour acquérir plus de certitude sur la position de la seconde fonction alcool dans ces céto-glycols, nous avons voulu vérifier que le formol pouvait bien être fixé sur un carbone tertiaire voisin d'un carbonyle. Dans ce but, nous avons condensé, dans les mêmes conditions, la méthylisopropylcétone et la di-isoprophylcétone avec le formol.

Dans le premier cas, on obtient après six semaines de contact un cétol qui n'est pas déshydratable, qui ne réagit pas avec l'acide chlorhydrique et pour lequel il ne semble pas qu'on puisse envisager d'autre formule que la suivante :



Dans le second cas, la condensation ne se fait pas à froid, même après deux mois de contact; mais elle se fait en quelques heures à la température du bain-marie et conduit à un produit unique correspondant à la fixation d'une seule molécule de formol. Sa formule est donc sans ambiguïté :



Remarques. — 1° Dans la condensation de la méthylisopropylcétone on isole aussi de petites quantités d'un produit supérieur fondant à 58°, après

[1] *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 620.

recristallisation dans le benzène anhydre. Son analyse ne permet pas de conclure quant à sa composition; elle semble correspondre à celle d'un mélange à 50 pour 100 de composés di-, et tri-méthylolés.

2° Les combinaisons (I) et (II) ont déjà été signalées une fois dans la littérature ([1]); elles ont été obtenues en faible quantité et dans un état de pureté médiocre au cours d'une condensation plus complexe que celle que nous avons utilisée (action d'une lessive de soude à chaud sur un mélange de formol et de cétone).

Le méthyl-2-acétyl-2-propanediol-1.3 bout à 142-144° sous 14^{mm}. Il cristallise en fines aiguilles feutrées qui fondent à 66° après recristallisation dans le benzène anhydre. Il est soluble dans l'eau. Il donne un diphényluréthane fondant à 116°, laquelle peut être ensuite transformée en une oxime huileuse dont le benzoate fond à 129°. Il donne sous l'action de l'acide bromhydrique en milieu acétique une acéto-bromhydrine bouillant à 106-107° sous 2^{mm}.

Le méthyl-2-propionyl-2-propanediol-1.3 bout à 148-150° sous 16^{mm}. Il cristallise en fines aiguilles qui fondent à 55° après recristallisation dans le benzène anhydre. Il est soluble dans l'eau et donne une diphényluréthane fondant à 103-104°: Nous n'avons pas réussi à isoler une combinaison avec l'hydroxylamine. Il donne une acéto-bromhydrine bouillant à 140-143° sous 16^{mm}.

La diméthyl-2.2-butanol-1-one-3 bout à 85-86° sous 16^{mm}. Elle donne une oxime fondant à 82° et un paranitrobenzoate fondant à 82-83°.

La méthyl-4-diméthyl-2.2-pentanol-1-one-3 bout à 97-98° sous 20^{mm}. Elle réagit difficilement avec l'hydroxylamine et donne après 10 heures de chauffage une petite quantité d'un produit solide fondant à 101-102° qui diffère de l'oxime par 1^{mol} d'eau en moins; ce doit être l'isoxazoline correspondante. Elle donne un para-nitrobenzoate fondant à 82-83°.

GÉOLOGIE. — *Le bord cévenol.* Note ([2]) de M. **Jean Goguel**, présentée par M. Charles Jacob.

L'étude stratigraphique des terrains secondaires montre que le bord des Cévennes n'a joué aucun rôle au moment de leur dépôt, les mêmes faciès se rencontrant dans les Causses. Le Lias et le Bajocien sont néritiques, avec des lacunes et des arrêts de sédimentation, mais la terre émergée semble devoir être cherchée au Nord et non à l'Ouest. A partir du Bathonien, les faciès sont uniformément bathyaux.

([1]) C. T. Morgan et Holmes, *J. Chem. Soc. Lond.*, 1932, p. 2667.

([2]) Séance du 11 novembre 1936.

La limite actuelle des terrains cristallins est, en général, une limite d'érosion. La surface anté-triasique, qui coupe des synclinaux houillers complexes, plonge régulièrement vers l'Est, mais toute une série de failles fait disparaître en profondeur les couches jurassiques plus rapidement que ne le ferait leur seul pendage.

Les ondulations Est-Ouest de la garrigue au Nord de Nîmes, qui correspondent aux plis des Corbières, sont anté-oligocènes. Elles s'amortissent à l'approche du massif ancien et n'affectent sa bordure jurassique qu'en un point, au Nord de Saint-Ambroix, où la rapide flexure du Jurassique qui limite au Sud la plaine de Berrias prolonge directement la grande faille verticale WNW-ESE qui passe au Sud des Vans. Plus au Sud, cette faille est accompagnée de deux autres failles de même direction, à Berdézac et à Branoux. Elle prolonge directement les failles du détroit de Rodez, qui datent de l'Oligocène inférieur ([1]). Les couches du bassin oligocène de Barjac ne manifestent aucune ondulation dans son prolongement.

On peut donc considérer l'ensemble des failles de cette direction comme oligocène inférieur, alors que les failles parallèles au bord cévenol (NNE-SSW) sont postoligocènes, comme le montre la présence exclusive de blocs urgoniens dans les conglomérats aquitaniens, à quelques centaines de mètres de failles qui amènent le Jurassique dans leur prolongement.

Le faisceau de ces failles postoligocènes se suit d'une façon continue depuis La Voulte, sur le Rhône, jusqu'à la Séranne. Sauf de très rares exceptions, la lèvre orientale est abaissée. Les failles sont subverticales, ou plongent fréquemment vers l'Est de 45° au maximum (failles *conformes* et *normales*).

Dans l'Ardèche, plusieurs grandes failles, longues de 10 à 20^{km}, avec des rejets atteignant 400 à 500^{m}, ne se rejoignent pas. C'est d'abord la faille NE-SW de La Voulte à Coux, près Privas, qui fait buter le Jurassique moyen contre les micaschistes, puis une série de failles plus petites autour de Privas et du Col de l'Escrinet ([2]). On retrouve deux grandes failles, dirigées SSW-NNE, au Sud d'Aubenas (Jurassique moyen) et de Largentière (Jurassique moyen et Trias). Plus à l'Est, deux failles font buter le Valanginien contre l'Urgonien, de Rochecolombe à Vallon, et à l'Est de Berrias.

Plus au Sud, dans le Gard, le Jurassique occupe le prolongement de la bande valanginienne de Berrias, par suite du décrochement dû à la faille transversale des Vans. Dans cette région, les failles paraissent plus nombreuses que dans l'Ardèche,

---

([1]) Y. Boisse de Black, *Bull. Carte Géol. de la France*, 36, n° 188, 1933, p. 155.
([2]) F. Roman et J. Goguel, *C. R. Soc. géol. Fr.*, fasc. 11, 1936, p. 14.

peut-être simplement parce que les travaux miniers les ont mises en évidence. Elles se bifurquent et se rejoignent fréquemment. Les principales sont : celle de Saint-Paul-le-Jeune, puis, sensiblement plus à l'Est, celle de Saint-Ambroix, qui fait buter le Néocomien contre les marnes du Jurassique moyen. A 7^{km} au nord d'Alès, cette dernière est relayée par la faille dite de l'Oxfordien ; dans l'intervalle, le Néocomien repose normalement sur le Jurassique, ce qui prouve qu'on n'a pas affaire à une grande ligne de dislocation continue. La faille de l'Oxfordien fait buter, à Rochebelle, lé Houiller contre l'Oligocène. D'Alès à Anduze, au milieu d'autres failles normales, on trouve la faille de sens inverse la plus importante de la région. Le faisceau se poursuit avec la même direction dans la Montagne de la Séranne.

Le bassin oligocène d'Alès-Barjac témoigne de relations étroites avec le faisceau des failles. Alors qu'à l'Est, la série oligocène, très épaisse, est complète et repose normalement sur le Crétacé, vers l'Ouest, ce sont les couches les plus élevées (Aquitanien) qui passent latéralement à des conglomérats grossiers et très épais, reposant transgressivement et d'une façon normale sur le Nécomien, ou (à Alès et plus au Sud) sur le Jurassique. Cette rive occidentale du bassin est curieusement rectiligne sur 50^{km}, et parallèle aux failles. Cette allure, et la présence de brèches interstratifiées, sur lesquelles j'aurai à revenir, suggèrent l'idée d'un affaissement contemporain du dépôt, et masqué par la transgression des couches les plus récentes ([1]).

On peut donc, semble-t-il, distinguer deux mouvements tertiaires successifs. A la fin de l'Éocène ou au début de l'Oligocène, de grandes failles ESE-WNW, prolongeant celles des Causses et du détroit de Rodez, dans le massif cristallin, ainsi que des ondulations dans le pays crétacé font partie, comme les Corbières, du cortège des accidents pyrénéens. On sait qu'ils se prolongent largement en Provence.

A peu près perpendiculaire aux accidents du premier groupe, l'effondrement qui a déterminé le bord actuel des Cévennes date de la fin de l'Oligocène ; il est antérieur au basalte miocène des Coirons. Il se manifeste par un faisceau de failles normales, en escalier, et ne semble correspondre à aucune compression tangentielle (sauf-peut être tout à fait au Sud).

On devine, sous les alluvions, d'autres failles qui rappellent, plus à l'Est, ce grand accident, en formant deux fossés effondrés, de Nîmes à Pujaut et de l'Isle-sur-Sorgue à Cavaillon et Salon.

Au total, les plis de couverture alpins, dont les plus externes sont dost-miocènes, semblent n'avoir aucunement affecté le Languedoc.

([1]) G. Denizot, *B. S. G. F.*, 5e série, 1, 1931, p. 402.

PHYSIQUE COSMIQUE. — *Études sur les gerbes cosmiques en haute altitude.* Note de MM. **Pierre Auger**, **Paul Ehrenfest Jr.** et **André Fréon**, présentée par M. Jean Perrin.

I. On sait que le nombre de gerbes produites par un écran de matière dense présente une variation caractéristique en fonction de l'épaisseur de cet écran (Rossi). Nous avons montré que l'allure de cette variation se conservait très exactement si l'on s'élève dans l'atmosphère (jusqu'à 3500^m), mais change considérablement si l'on descend les appareils sous quelques mètres de sol (¹). Pour préciser les effets de la matière traversée par les rayons cosmiques avant la rencontre de l'écran gerbigène, nous avons appliqué, au laboratoire du Jungfraujoch (3500^m), la méthode de la décohérence décrite dans une précédente Note (²).

II. Le groupe détecteur de gerbes a été constitué par quatre tubes compteurs longs et étroits, montés en coïncidence, assez rapprochés entre eux pour que leur ensemble ne soit sensible qu'aux gerbes dont les branches sont proches. Les écrans gerbigènes (plomb, fer) étaient placés sous forme de voûtes (*fig.* 1), soit très près des compteurs (petite voûte, P. V., rayon 6^{cm}),

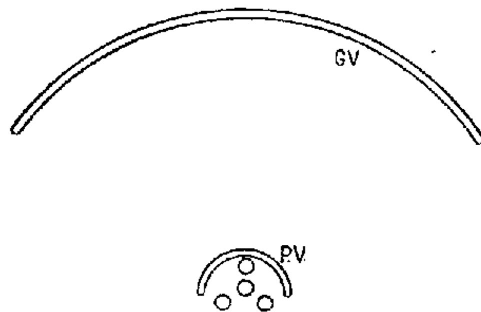


Fig. 1.

soit à une certaine distance, de façon à laisser se disperser les gerbes qui s'y forment avant leur arrivée aux compteurs et les rendre ainsi inactives (grande voûte, G. V., rayon 45^{cm}). Nous avons fait des mesures systématiques avec diverses épaisseurs de plomb en petites et grandes voûtes, de façon à pouvoir tracer un réseau de courbes, donnant le nombre de chocs en fonction de l'épaisseur des écrans. Dans la figure 2, la courbe inférieure représente l'effet de la G. V. (grande voûte) seule; de chacun de ces points part une courbe montrant l'effet de différentes P. V. (petites voûtes) dis-

(¹) *Journal de Physique*, 7, 1936, p. 65; *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1923.
(²) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 246.

posées sous la G. V. correspondant à ce point de départ. Sur la figure 3, la courbe supérieure donnant l'effet de la P. V. seule, de chaque point part une courbe montrant l'effet des G. V. superposées à la P. V correspondant à ce point.

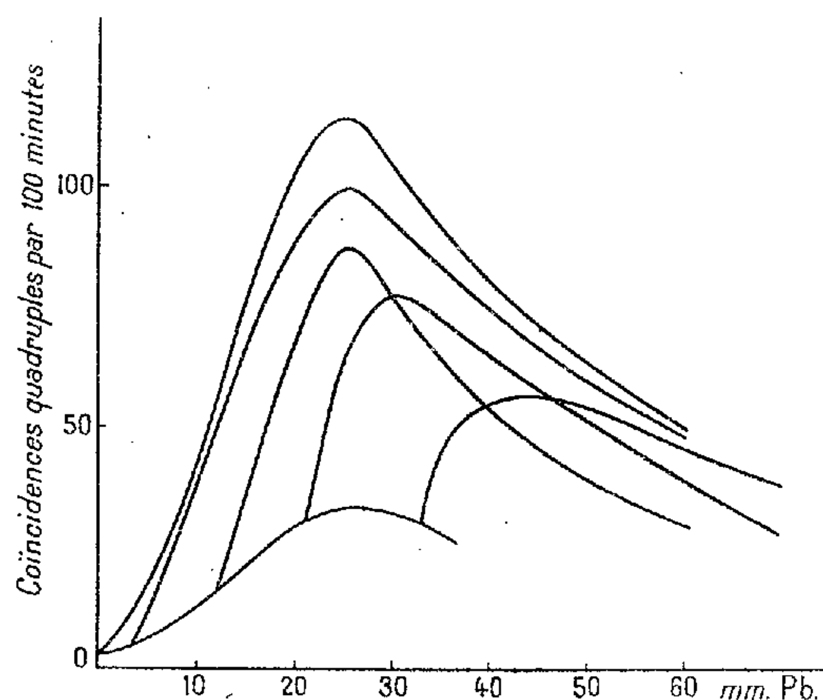


Fig. 2.

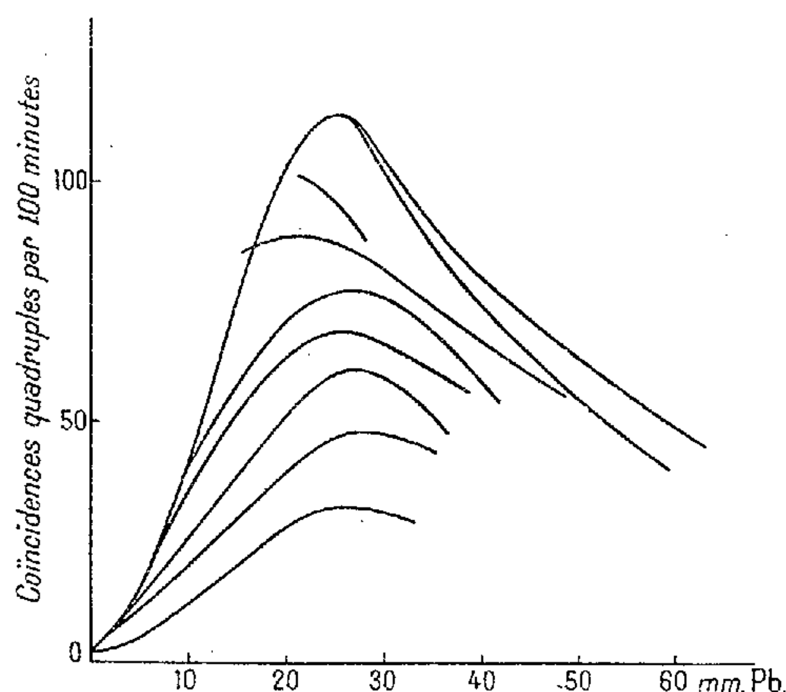


Fig. 3.

Les remarques suivantes résultent de l'observation des courbes :

A. *Action de la P. V.* — 1° L'adjonction d'une P.V. de 0 à 10^{mm} donne toujours une augmentation quelle que soit la G.V.; 2° la pente du début des courbes de P.V. (action des premiers millimètres de P.V.) devient plus grande lorsque la G.V. augmente de 0 à 20^{mm}; 3° le maximum est atteint de plus en plus vite, la décroissance qui le suit est de moins en moins accentuée, et les courbes sous une G.V. épaisse se rapprochent des courbes de saturation obtenues sous terre, et dues à l'action du groupe corpusculaire dur, qui est peut-être composé de protons (des deux signes?).

B. *Action de la G. V.* — 1° L'adjonction d'une G.V. de quelques millimètres produit d'abord une augmentation pour toutes les valeurs de P.V. inférieures à 20^{mm}; pour les valeurs supérieures, la G.V. amène une décroissance exponentielle; 2° les courbes de G.V. pour les P.V. inférieures à 20^{mm} présentent un maximum, suivi d'une décroissance exponentielle. Ces maxima se produisent tous pour une épaisseur totale (P.V. + G.V.) de 20 à 25^{mm}.

La comparaison des courbes P. V. et G. V. seules montre la dispersion (décohérence) des gerbes de G. V., qui sont peu efficaces. Cependant la présence des G. V. détermine de grosses augmentations lorsque des P. V. de quelques millimètres sont présentes. L'examen de nombreux clichés Wilson obtenus dans les mêmes conditions où ont été faites les

expériences avec compteurs conduit à penser que le rayonnement incident produit directement peu de rayons de gerbes dans quelques millimètres de plomb [1], mais que certains de ces rayons et les photons qui les accompagnent déterminent de nouvelles gerbes dans des écrans traversés après leur formation, et multiplient ainsi l'efficacité de ces gerbes initiales. Cette transformation par cascades du rayonnement initial est terminée après 20^{mm} de plomb. Après cela intervient la décroissance exponentielle qui est bien due à l'absorption du rayonnement initial comme nous l'avons annoncé dans différentes publications [2]. Le caractère peu pénétrant de ce rayonnement (groupe M) est ainsi démontré de nouveau et sa nature électronique est très probable. On doit alors considérer l'épaisseur de 20 ou 25^{mm} de plomb comme représentant non le parcours moyen des *rayons de gerbes*, mais le parcours total moyen des différents rayonnements très absorbables successifs (électrons et photons) qui prennent naissance à partir du rayonnement M initial.

PALÉONTOLOGIE. — *Origine et évolution morphologique des Amphibiens Anoures*. Note de M. **Jean Piveteau**, présentée par M. Henri Douvillé.

L'étude comparative des Amphibiens Stégocéphales, plus spécialement les Labyrinthodontes, et d'une curieuse forme du Trias inférieur de Madagascar, le *Protobatrachus Massinoti*, que nous avons signalée antérieurement, permet de comprendre la genèse des structures si spécialisées, souvent si aberrantes, des Anoures actuels.

Nous traiterons surtout aujourd'hui du neurocrâne et des côtes.

Le neurocrâne de *Protobatrachus* présente une ossification dans le cartilage de la partie antérieure de la cavité cérébrale : c'est l'os en ceinture de Cuvier, le sphénethmoïde de Parker. Les connexions et l'extension de cette ossification sont les mêmes que chez les Anoures vrais. Les os de membrane de la voûte du crâne la recouvre, le parasphénoïde la borde inférieurement; vers l'arrière, elle s'arrête un peu avant l'orifice du nerf optique, la paroi du neurocrâne demeurant à l'état de cartilage jusqu'au prootique.

---

(1) L'effet d'une P. V. de 3^{mm}, seule, est petit, et en plaçant au-dessus, même très loin (nous avons été jusqu'à 1^{m}), une voûte de 3^{mm}, on augmente cet effet dans les proportions de 6 à 15.

(2) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 739; *Journal de Physique*, 6, 1935, p. 226.

Un os d'origine enchondrale, entourant la partie antérieure du cerveau et placé entre le parasphénoïde et la voûte du crâne dermique, existe aussi chez les Labyrinthodontes. Il ne se distingue du sphénethmoïde de *Protobatrachus* et des Anoures que par une ossification plus complète. La régression du tissu osseux étant une des caractéristiques de l'histoire morphologique des Amphibiens, à ce point de vue comme à beaucoup d'autres, les Anoures sont plus évolués que les Labyrinthodontes.

La région otique de *Protobatrachus* comprend, en avant, un prootique bien développé; en arrière un opisthotique réduit. Entre ces deux os s'ouvre la fenêtre ovale que borde inférieurement le parasphénoïde. On observe, appliquée sur la fenêtre ovale, une tige osseuse cylindrique, élargie à sa partie proximale, la columelle (*stapes*).

Chez les Anoures actuels, par contre, il n'y a pas d'ossification correspondant à l'opisthotique. On constate donc, de *Protobatrachus* aux Anoures vrais, une régression de l'ossification dans la région otique. Les Labyrinthodontes nous offrent une série parallèle, des Embolomères carbonifères aux Stéréospondyles triasiques. Chez les Embolomères, la région otique s'ossifie complètement; la fenêtre ovale est indiquée seulement, à la limite du prootique et de l'opisthotique, par une dépression (pseudo-fenêtre ovale de M. Watson). Chez les Rachitomes, la région otique comprend un prootique et un opisthotique; la fenêtre ovale véritable apparaît. Chez les Stéréospondyles du Trias inférieur (*Capitosaurus*), l'opisthotique est très réduit; dans les genres du Trias supérieur (*Buettneria*), il n'y a plus d'ossification correspondant à l'opisthotique, le prootique est très petit.

Nous avons ainsi une évolution parallèle de la région otique dans la série des Labyrinthodontes d'une part, dans celle formée par *Protobatrachus* et les Anoures vrais d'autre part, évolution caractérisée essentiellement par une régression de l'ossification.

La ceinture pectorale de *Protobatrachus* comprend une clavicule, un scapulo-coracoïdien surmonté d'un suprascapulum avec cleïthrum ossifié, et une plaque coracoïdienne postérieure. La présence de ce dernier élément est particulièrement importante. Une telle ceinture pectorale peut être assez aisément comparée à celle des Labyrinthodontes (*Eryops*); elle nous permettra aussi de préciser la signification des éléments de celle des Anoures actuels.

Les côtes de *Protobatrachus* sont très courtes, comme chez les Anoures vrais. Celles portées par la troisième vertèbre offrent cependant un certain développement et sont pourvues d'une forte apophyse oncinée. La prédo-

minance de cette même paire de côtes s'observe aussi chez les Anoures actuels, où une telle structure paraît en relation avec la position des cœurs lymphatiques antérieurs. Nous aurions ainsi, sur ce point si spécial et en même temps si caractéristique, identité de structure interne entre *Protobatrachus* et les Anoures vrais.

Dans la région sacrée du fossile de Madagascar, on observe deux paires de côtes, incurvées vers l'arrière, et auxquelles s'attachait l'ilion. Certains Stégocéphales montrent une disposition comparable.

De ces brèves remarques sur le genre triasique *Protobatrachus*, nous pouvons tirer quelques indications d'ordre général.

Nous constatons que le neurocrâne de cette forme se rapproche beaucoup plus de celui des Labyrinthodontes que celui des Anoures actuels. De plus en plus nettement, les Labyrinthodontes primitifs apparaissent comme correspondant au type ancestral des Amphibiens. Nous voyons en outre, au moins pour l'évolution crânienne, que les Anoures ont eu une histoire morphologique identique à celle des Labyrinthodontes.

L'étude de *Protobatrachus* montre enfin que la dérivation du type anoure à partir du type labyrinthodonte a résulté de modifications s'effectuant d'une façon indépendante, sur les divers groupes d'organes, à des périodes différentes. D'une façon générale, les transformations du crâne ont été achevées beaucoup plus tôt que celles du reste du corps.

Au point de vue taxinomique, *Protobatrachus* ne peut évidemment entrer dans l'ordre des Anoures tel qu'on le définit habituellement par l'absence de queue, l'allongement de l'ilion vers l'avant, la formation d'un urostyle, etc. Mais faire de ce genre une division systématique équivalente aux Anoures conduirait à masquer l'importance morphologique de cette forme et à négliger des ressemblances indéniables. Cette sorte de contradiction vient de ce que l'ordre des Anoures a été défini en termes purement statiques, alors que sa définition véritable devrait non pas exprimer la présence ou l'absence de tel ou tel organe, mais la tendance à accentuer telle ou telle particularité, spécialisation ou régression. Il est alors bien évident, d'après ce que nous venons de dire, et aussi d'après les indications données antérieurement (¹), que *Protobatrachus* doit être placé à la base du phylum des Anoures, phylum de même importance que celui des Labyrinthodontes, des Phyllospondyles et des Lépospondyles. Tout cet ensemble s'oppose nettement aux Urodèles.

(¹) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1607.

PALÉONTOLOGIE. — *Sur l'origine du groupe des Trionychoïdés.* Note (¹) de M. **Frédéric-Marie Bergounioux**, présentée par M. Charles Jacob.

J'ai indiqué (²) l'origine probable d'un curieux groupe de Chéloniens formant la superfamille des *Trionychoïdes*.

On sait que ces animaux se rapprochent des Cryptodires par un certain nombre de caractères importants, retrait du cou sous la carapace par une courbure sigmoïdale de la région cervicale dans un plan vertical, suture unissant les éléments de la ceinture pelvienne au bouclier dorsal. Toutefois ils s'en différencient par l'absence de tout revêtement épidermique d'origine cornée qui est remplacé par une peau coriace, vermiculée.

Les premiers exemplaires du groupe connus jusqu'ici appartenaient au Crétacé supérieur de l'Amérique du Nord. Il paraissait dès lors vraisemblable de les faire dériver du genre américain *Plastonemus* Cope que cet auteur considérait comme un intermédiaire entre les *Emidydés* et les *Trionychoïdés*. Ces animaux ne possèdent pas de revêtement épidermique et le plastron émydoïde présente de petites fontanelles. On pouvait penser que par transformation lente du bouclier ventral, causée peut-être par les influences du milieu, le genre *Plastonemus*, connu dès le Jurassique supérieur, passait au genre *Trionyx*.

A la suite de recherches effectuées il y a quelques mois au Muséum du Havre, cette opinion me paraît devoir être définitivement abandonnée. Parmi les fossiles provenant des dépôts kiméridgiens du Cap de la Hève, se trouvent des restes de Chéloniens, actuellement en cours de description, entre autres un plastron ventral appartenant sans aucun doute possible au genre *Trionyx*.

C'est une pièce fort curieuse, plus large que longue; elle possède une énorme fontanelle centrale; les épiplastrons sont des expansions osseuses portant de profondes cannelures longitudinales. Les hypoplastrons s'effilent à l'arrière pour se raccorder à deux petites languettes xiphiplastrales qui convergent à la partie postérieure. L'ensemble de ces caractères impose l'attribution de ce plastron à un *Trionyx* typique.

(¹) Séance du 16 novembre 1936.

(²) *Mém. Soc. géol. France*, nouvelle série, Mém. 25, 1935, p. 1-216, pl. I-XVI.

Dès lors l'origine de la famille des *Trionychoïdés* est reportée dans le Kiméridgien du Cap de la Hève.

Mais ainsi le rattachement de ce groupe aux formes antérieures devient plus difficile. Les deux familles de Cryptodires connues au Jurassique supérieur sont les *Baénidés* et les *Pleurosternidés*. Les représentants des *Baénidés* sont exclusivement américains et ne rappellent en rien les *Trionyx*. Quant aux *Pleurosternidés*, on en a décrit de nombreux genres dans le Purbeckien et le Wealdien, mais aucun d'eux ne paraît plus ancien que ces formations. Du reste ces Cryptodires typiques, ne font nullement pressentir la disparition de la couverture écailleuse de la carapace; bien au contraire, l'empreinte des lignes suturales des écussons cornés est en général très profondément gravée sur la carapace. Seul le genre *Tretosternum* Owen porte l'impression de nombreux tubercules sur le bouclier dorsal; mais il est exclusivement localisé dans les dépôts purbeckiens anglais.

L'apparition cryptogène de la famille des *Trionychoïdés* semble donc devoir s'imposer. Entre *Triassochelys* du Keuper allemand et *Trionyx* du Kiméridgien de la Hève, aucun Chélonien n'est actuellement connu. La différenciation de la superfamille des *Trionychoïdés* que j'avais été amené à considérer comme d'ordre secondaire apparaît désormais comme fondamentale dans l'histoire du groupe des Chéloniens, puisqu'elle s'opère avant toutes les autres. De plus, se trouve infirmée l'opinion de Baur pour qui cette dérivation se serait faite d'une manière insensible à partir de formes cryptodires typiques, par perte progressive de la bordure marginale et des écussons cornés. Le premier *Trionychoïdé* connu appartient au genre *Trionyx*, c'est-à-dire au groupe le plus caractéristique et le plus spécialisé de la famille.

Enfin le fait que ce fossile a été trouvé dans des dépôts marins explique la présence de fontanelles importantes dans le plastron d'animaux qui vivent de nos jours dans un milieu marécageux où la mobilité des pièces du plastron les unes par rapport aux autres ne paraît pas indispensable. Il s'agit sans doute de la transmission héréditaire d'une disposition anatomique réclamée par le milieu où vécut originairement le groupe. Cette manière de voir est, du reste, confirmée par le fait que le plastron du *Trionyx* kiméridgien possède des fontanelles beaucoup plus considérables que les espèces actuelles. Déjà au cours des temps tertiaires on assiste à une augmentation progressive des pièces osseuses du plastron.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la présence et l'évolution du micronucléole chez les Cucurbitacées.* Note de Mme **Panca Eftimiu Heim**, présentée par M. Pierre-Augustin Dangeard.

Malgré les nombreuses recherches faites sur le noyau des Angiospermes, la question de l'évolution et du rôle de l'appareil nucléolaire demeure loin d'être résolue.

Nous n'insisterons ici ni sur les théories ni sur les observations qui se rapportent au nucléole. Que celui-ci prenne part à la formation des chromosomes, comme certains auteurs le prétendent, qu'il disparaisse ou qu'il manifeste une continuité morphologique, constituent des problèmes que nous aborderons dans un travail plus détaillé.

Les résultats que nous exposerons dans la présente Note ont été obtenus sur les noyaux des méristèmes radiculaires et sur ceux des organes de reproduction, sacs polliniques et ovules, de diverses espèces de Cucurbitacées. Eichhorn, Doutreligne ayant relevé chez ces dernières les traits fondamentaux de la structure du noyau au repos et pendant la division, nous n'insisterons que sur la présence et le comportement d'un petit corpuscule, qui se rencontre constamment dans le nucléoplasme à l'opposé du nucléole et pour lequel nous tenons à maintenir pour le moment le terme de micronucléole qui lui a été réservé. Ce micronucléole, auquel nous attribuons une certaine importance, présente la même apparence que le nucléole et les mêmes affinités pour les colorants.

Il ne doit pas être confondu avec les granules nucléolaires déjà décrits chez d'autres Angiospermes et que nous n'avons vus d'ailleurs que rarement, dans les cellules plus âgées, et presque jamais dans les noyaux en interphase. Dans les cellules qui ne se divisent plus, les granules rencontrés proviennent très probablement du nucléole par suite du bourgeonnement de celui-ci, qui a été souvent décrit. Les granules nucléolaires sont disposés au voisinage du nucléole, isolés ou parfois liés à ce dernier par un fin tractus qui se rompt en mettant en liberté les granules chromatiques. Le micronucléole conserve son intégrité tant que le noyau est au repos, mais lorsque ce dernier se divise, il subit une sorte de bipartition, contrairement à ce que certains auteurs ont remarqué chez d'autres Angiospermes.

Le moment de la bipartition n'est pas déterminé. On peut suivre

le micronucléole jusqu'à la fin de la prophase où les chromosomes s'organisent en plaque équatoriale; parfois il se partage en deux dès le début de celle-là.

Les deux moitiés bien colorées sont très visibles surtout après l'action des principaux fixateurs (Helly, Bouin, Nawaschin, Regaud) et lorsque la différenciation n'est pas trop poussée.

Ces deux corpuscules à contour sphérique et de faible dimension semblent posséder une polarité spéciale. En effet, après s'être montrés côte à côte, ils s'écartent l'un de l'autre, cheminant vers les pôles du fuseau pour occuper chacun une extrémité. Leur présence reste visible pendant la plaque équatoriale et au stade plus avancé quand les chromosomes-fils sont déjà arrivés aux pôles du fuseau.

A partir de ce moment on ne peut plus suivre leur devenir. Nous ne pouvons pas savoir s'ils sont englobés dans le noyau en reconstitution ou s'ils disparaissent dans le cytoplasme pour réapparaître à nouveau dans les noyaux-fils. Il arrive parfois que ces corpuscules sont accompagnés de petits granules de diverses dimensions qui représentent probablement des résidus chromosomiques. Le nucléole peut également émigrer vers les pôles, entier ou scindé en deux parties, égales le plus souvent.

En ce qui concerne l'origine de ce micronucléole, de ce corps accessoire au nucléole, il est difficile de se prononcer catégoriquement. Est-il indépendant comme le nucléole ou bien est-il lié à ce dernier? Étant donné que sa nature, ses affinités, son aspect sont les mêmes que ceux du nucléole, nous pourrions lui attribuer une provenance nucléolaire traduite par le phénomène de bourgeonnement que nous avons rencontré surtout dans les noyaux des organes floraux. Quant au problème des corpuscules polaires, dont la présence se répète d'une manière presque constante et avec une netteté remarquable, corpuscules qui simulent les centrosomes, il reste très délicat à résoudre. Nous serions cependant bien tentée de les considérer comme l'expression la plus simple d'un appareil centrosomien, accessoire au nucléole, dont la persistance à travers les phases de la caryocinèse constitue un caractère très apparent.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Action du milieu aquatique sur la nutrition azotée et la nutrition phosphorée d'une plante herbacée.* Note de Mlle **Marie-Thérèse Gertrude**, présentée par M. Marin Molliard.

J'ai montré ([1]) que, contrairement à l'opinion admise par divers physiologistes, l'élaboration de la matière carbonée peut se faire chez les plantes amphibies tout aussi activement en milieu aqueux qu'en milieu aérien. Ce premier point étant établi, j'ai voulu pénétrer plus avant dans l'étude des réactions du métabolisme végétal à l'action du milieu aquatique; le présent travail résume les résultats obtenus en étudiant comparativement chez des individus vivant immergés et chez des individus vivant à l'air libre, la nutrition azotée et la nutrition phosphorée.

Le *Veronica Anagallis*, qui m'a servi dans mon étude précédente, a été cultivé dans les deux conditions qui viennent d'être indiquées, et au cours du développement des récoltes ont été faites à des stades rapprochés. Dans chaque lot de plantes prélevées on a séparé les substances azotées solubles des substances protéiques par traitement des tissus au moyen de l'acide trichloracétique à 10 pour 100 employé à froid suivant la technique indiquée par R. Combes ([2]), et ces deux formes de corps azotés ont été dosées. Les substances phosphorées solubles ont été séparées des substances phosphorées insolubles par le même procédé. Les résultats obtenus, exprimés en milligrammes d'azote ou de phosphore trouvés dans les deux lots de plantes aux divers stades, sont résumés dans les courbes ci-après.

L'examen de ces courbes permet de faire les constatations suivantes :

Des différences profondes se produisent dans le métabolisme azoté et dans le métabolisme phosphoré d'une même matière végétale suivant qu'elle se construit et fonctionne dans l'eau ou dans l'air.

La matière végétale immergée manifeste une supériorité considérable sur celle qui vit à l'air libre au point de vue de l'absorption de l'azote et de son utilisation à la synthèse des corps organiques azotés; à partir du moment de son immersion et jusqu'à la fin de la végétation elle fabrique beaucoup plus de substances azotées solubles et de protéides. Des individus semblables placés à l'état très jeune les uns dans l'eau, les autres à l'air,

---

([1]) *Comptes rendus*, **203**, 1936, p. 811.

([2]) *Revue générale de Botanique*, **45**, 1933, p. 133.

ont accumulé un mois plus tard près de trois fois plus de protéides dans le premier milieu que dans le second, et trois mois après cinq fois plus environ.

Les plantes immergées absorbent et utilisent aussi en un même temps plus de phosphore que ne le font les plantes d'air; les différences sont

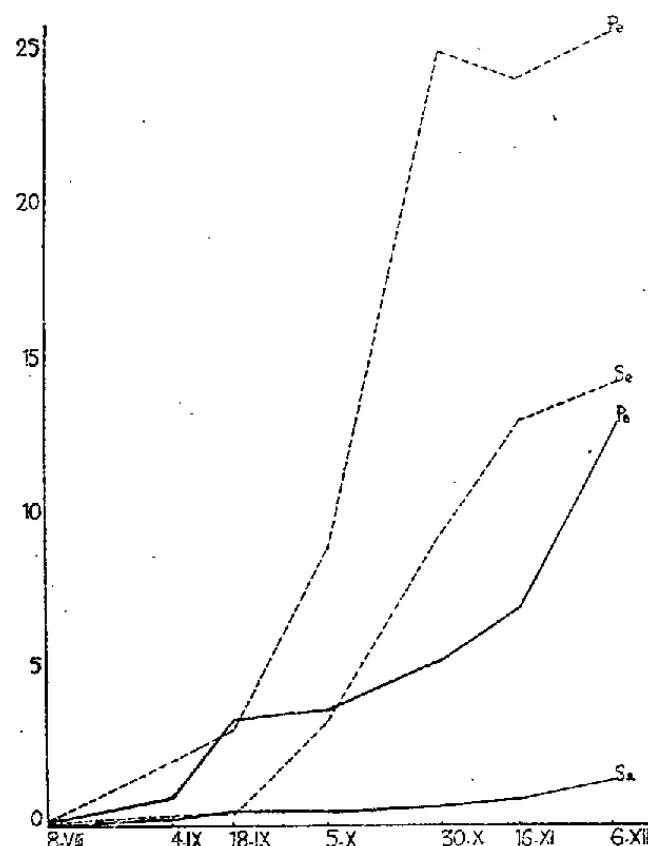


Fig. 1.

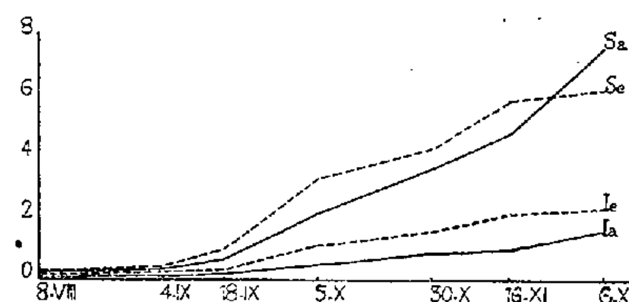


Fig. 2.

Fig. 1. — Courbes exprimant les variations des protéides, Pe, et des substances azotées solubles, Se, dans une plante se développant sous l'eau; des protéides, Pa, et des substances azotées solubles, Sa, dans une plante se développant à l'air libre.

Fig. 2. — Courbes exprimant les variations des substances phosphorées insolubles, Ie, et solubles, Se, dans une plante se développant sous l'eau; des substances phosphorées insolubles, Ia, et solubles, Sa, dans une plante se développant à l'air libre.

moins accusées qu'en ce qui concerne l'azote, mais elles apparaissent encore très appréciables. Pendant la plus grande partie de leur développement les premières contiennent deux fois plus de substances phosphorées insolubles (phosphoaminolipides et protéides phosphorés) que n'en contiennent les secondes.

Ainsi le *Veronica Anagallis* qui se construit et fonctionne sous l'eau y réalise plus activement que lorsqu'il vit à l'air libre, les synthèses organiques conduisant à la production des constituants fondamentaux de sa matière vivante, corps organiques azotés et corps organiques phosphorés. Non seulement, comme je l'ai montré antérieurement, le milieu aqueux permet une production de substance carbonée aussi rapide que le milieu aérien,

mais il se montre nettement plus favorable à l'élaboration de la substance carbonée produite en ces matériaux de construction de la matière vivante à molécule si complexe que représentent les protéides et les lipides phosphorés.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la valeur et les variations de salinité et d'alcalinité de l'eau contenue dans la cavité des* Codium Bursa *L.* Note (1) de M. **Robert Lami**, présentée par M. Alexandre Guilliermond.

Les premières observations de V. Vouk sur la salinité de l'eau contenue dans la cavité intérieure close de *Codium Bursa* dragués dans l'Adriatique lui avaient permis de conclure que cette salinité était normalement supérieure à celle du milieu extérieur (2). Ayant refait des observations analogues sur des *Codium* vivant dans une cuvette de la zone intercotidale de la Manche, nous n'avions trouvé aucune différence (3). Depuis, Vouk a repris et étendu ses observations sur ce même sujet et les chiffres observés le confirment de nouveau dans son opinion (4).

Nous avons pu, cet été, renouveler nos observations sur des *Codium* vivant dans des cuvettes de la zone intercotidale dans la région malouine et avons relevé les chiffres ci-après.

	Salinité dans			
Cuvette.	la cuvette.	deux *Codium*.	quatre *Codium*.	un *Codium*.
200 litres.......	35,57	35,48 35,66	–	–
600 litres.......	35,84	–	resp. 35,48 35,66 35,75 35,84	–
25 litres.......	35,75	–	–	35,83
4 litres.......	35,81	35,81 36,08	–	–

Ces chiffres montrent nettement que la salinité de la cavité interne de *Codium Bursa* vivant dans des cuvettes varie quelque peu dans une même cuvette et que cette salinité, voisine de celle de l'eau de la cuvette, ne lui

(1) Séance du 16 novembre 1936.

(2) V. Vouk, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 401.

(3) Rob. Lami, *Revue Algologique*, 6, III-IV, 1932, p. 356.

(4) V. Vouk, *Jugoslavenske Akad. znano. i umjet.*, Kn 274, 1936, p. 79.

est pas nécessairement supérieure et peut lui être souvent inférieure. Nous attribuons ces différences aux variations de salinité qui se produisent à l'emplacement d'une cuvette pendant son immersion à marée haute et son isolement à marée basse, variations continuelles et trop rapides pour que, par diffusion au travers de la paroi de l'algue, le liquide intérieur ait le temps de se mettre en équilibre osmotique avec le milieu extérieur. Une action analogue, due aux variations de salinité que provoque, en profondeur, les ondes de marée interne que l'on observe en Méditerranée, peut expliquer les différences notées par Vouk chez les *Codium* de l'Adriatique.

La vitesse avec laquelle cet équilibre tend à s'établir est lente et individuellement variable, moins lente pour des *Codium* de petite taille dont la surface extérieure est proportionnellement plus importante par rapport au volume de la cavité inférieure.

Nous avons pu mettre en évidence la lenteur de cette diffusion. Une partie d'un lot de *Codium* de dimensions voisines conservés préalablement 48 heures dans une même eau et dont la salinité moyenne intérieure était à ce moment de 37,83, fut mise dans de l'eau de mer diluée, par addition d'eau distillée, d'une salinité de 31,84. Après huit heures, l'équilibre n'était pas réalisé (salinité de l'eau : 32,51. Salinité intérieure des *Codium* : 36,37). Une autre partie du même lot, fut mise dans de l'eau sursalée, par adjonction d'eau de mer concentrée, de salinité de 44,14. Après sept heures, l'équilibre n'était pas non plus réalisé (salinité de l'eau : 42,96. Salinité intérieure des *Codium* : 40,53). Dans les deux cas, les *Codium* bien vivants, ont conservé une turgescence normale.

Étudiée au point de vue de son alcalinité, l'eau contenue dans la cavité des *Codium* s'est toujours montrée d'un pH inférieur à celui du milieu extérieur et cette valeur ne varie que très peu.

In situ, dans les cuvettes de la zone des marées, le pH de l'intérieur des *Codium* examinés se tenait entre pH 7,6 et pH 8,2 alors que le pH de l'eau des cuvettes atteignait 8,8. *In vitro*, tandis que l'eau des cristallisoires contenant des *Codium* exposés au soleil s'est élevée progressivement de pH 8 à pH 8,9, le pH du liquide intérieur ne varia que de 7,8 à 8,1. La valeur de pH 8,9 pour le milieu extérieur n'a pas été dépassée quelle que fût la durée de l'insolation et nous paraît devoir être le pH spécifique de *Codium Bursa*.

L'assimilation chlorophyllienne s'effectue donc presque exclusivement aux dépens du milieu extérieur et, sans préjuger la différence de composition saline entre l'eau de la cavité interne et l'eau extérieure à la plante, on

doit remarquer que les chloroplastes sont, chez *Codium Bursa*, principalement localisés à la périphérie de l'écorce, au sommet des utricules qui la composent. Les hyphes internes étant pratiquement incolores.

PHYSIQUE AGRICOLE. — *Pouvoir évaporant de l'air et humidité du sol.* Note [1] de M. **Henri Geslin**, présentée par M. Charles Maurain.

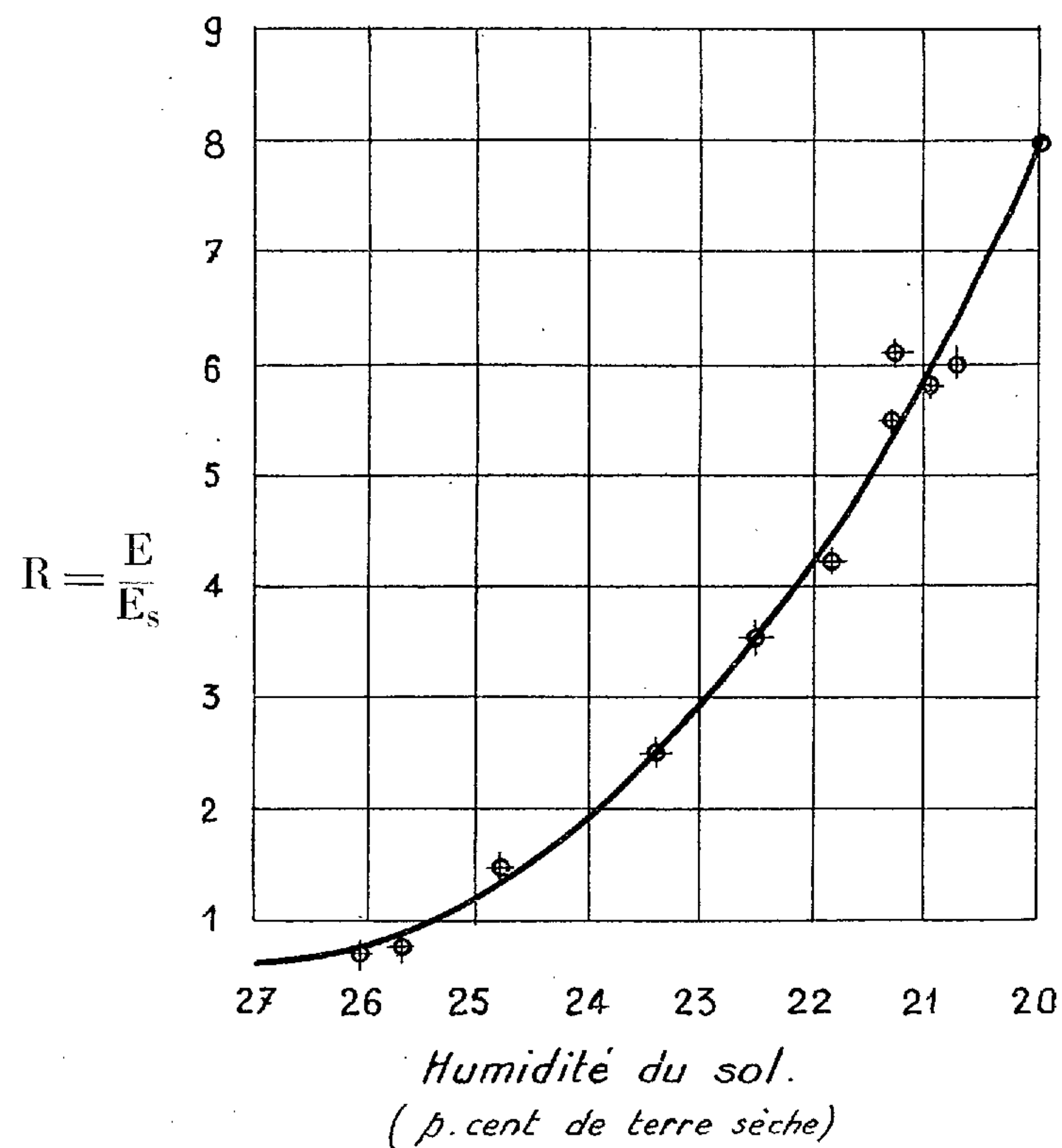
La question de l'emmagasinement et des pertes d'eau du sol domine l'étude des rapports entre le sol, l'eau et la plante. Nous avons étudié expérimentalement l'évaporation de l'eau du sol E_s en fonction du pouvoir évaporant de l'air E et de l'humidité du sol H; nous avons cherché à préciser la relation $E/E_s = F(H)$. Le pouvoir évaporant de l'air était donné par l'évaporomètre de Piche placé sous abri à 2^m. L'évaporation du sol était déduite des déterminations d'humidité effectuées sur le sol en place. La courbe ci-après a été établie pour une terre de limon, travaillée superficiellement mais non cultivée, du Centre National de Recherches Agronomiques de Versailles. Elle montre que le rapport E/E_s, égal en moyenne à 0,6 pour un sol très humide, croît rapidement dès que H tombe au-dessous de 24 (pour 100 de terre sèche), pour atteindre un chiffre voisin de 8 pour $H = 20$ pour 100.

A partir d'une détermination directe de l'humidité du sol, connaissant les quantités d'eau E évaporées journellement par l'évaporomètre Piche et les pluies P, il devient possible de calculer, pour une période quelconque de l'année, une courbe continue de l'humidité du sol. En adoptant comme poids spécifique de la terre en place $1^{kg},5$ chiffre indiqué par Bourdelle pour le sol étudié, une variation de 1 pour 100 du taux d'humidité, correspond sensiblement à un gain ou à une perte d'eau de 7^{mm} (quantité exprimée en millimètres de hauteur d'eau). En cas de pluies, même si le sol est relativement sec, l'eau provenant d'une précipitation, qui n'a pas eu le temps de s'infiltrer, tendant à s'évaporer très rapidement, nous avons adopté la valeur $E/E_s = 0,6$ (correspondant à un sol très humide). En cas d'excès de précipitations, l'augmentation du taux d'humidité du sol était donnée par la formule $P - E/0,6$, déduction faite des eaux de percolation. Dans le cas contraire, la perte d'eau a été calculée en fonction de

(1) Séance du 16 novembre 1936.

la valeur du rapport E/E_s correspondant au taux d'humidité du nycthémère précédent, sur la courbe définie ci-dessus, pour le surplus de l'évaporation ($E - P \times 0,6$).

Les considérations précédentes, appliquées aux années 1932 à 1936, pour



la période mars-octobre, nous ont conduit aux résultats suivants, les humidités successives étant calculées, chaque année, à partir d'une détermination origine, faite en mars :

1° Les humidités calculées correspondent d'une façon très satisfaisante aux humidités observées, comme en témoigne le tableau ci-après (les déterminations origines sont indiquées en chiffres gras).

	1932.				1933.				1934.	
Dates......	15/3.	2/6.	21/7.	15/9.	22/3.	19/4.	19/7.	15/9.	30/3.	13/4.
H. calc....	**24,1**	24,6	21,35	19,85	**24,2**	20,1	21,8	20,4	**24,5**	22,2
H. obs....	**24,1**	24,9	21,6	20,25	**24,2**	20,3	21,0	19,9	**24,5**	21,8

	1934.		1935.				1936.			
Dates.......	18/5.	10/7.	21/3.	16/5.	16/7.	17/9.	17/3.	16/5.	21/7.	17/9.
H. calc.....	21,95	19,5	25,4	20,5	22,2	24,5	24,2	21,6	24,1	23,7
H. obs.....	22,1	19,0	25,4	20,7	21,5	24,0	24,2	21,8	23,8	23,2

2° On note un écoulement des cases lysimétriques chaque fois que, par suite de la fréquence ou de l'abondance des précipitations, le taux d'humidité (calculé) atteint 25 pour 100. Le drainage cesse, au contraire, dès que l'humidité du sol tend à s'abaisser au-dessous de ce chiffre. Ce taux de 25 pour 100 doit être considéré comme caractérisant la capacité de rétention vraie du sol en expérience. Quant à la capacité maximum de rétention, trouvée par Bourdelle supérieure à 30 pour 100, nos observations montrent qu'elle n'est atteinte effectivement qu'à l'automne ou pendant l'hiver, à une époque où l'abondance relative des pluies, jointe à une moindre évaporation, entraîne la remontée « du plan d'eau » et, par voie de conséquence, l'accumulation de l'eau dans les couches superficielles du sol.

Conclusions. — Nous avons exposé une méthode simple, permettant à partir des données habituelles de la climatologie générale, de connaître, à chaque instant, avec une approximation suffisante, les réserves d'eau d'un sol et d'en déterminer les fluctuations dans le temps, tout au moins dans les conditions de climat de la région parisienne et pour le type de sol étudié. Nos premières observations démontrent en particulier, l'intérêt des mesures atmométriques, encore si controversé à l'heure actuelle, et leur utilisation possible en vue de la détermination du bilan de l'eau dans le sol et de la caractérisation du « facteur sécheresse ».

PHYSIQUE AGRICOLE. — *Sur un nouvel indice caractérisant le facteur* sécheresse *en agronomie*. Note (1) de M. **Jean Servy**, présentée par M. Charles Maurain.

Nous avons étudié avec H. Geslin (2) différentes formules simples basées sur la considération du rapport P/E (pluie/évaporation), en vue de caractériser le facteur *sécheresse* du point de vue agronomique. L'indice $R = \Sigma P/\Sigma E$

(1) Séance du 16 novembre 1936.
(2) *Comptes rendus*, **200**, 1935, p. 416.

avait été retenu comme rendant compte d'une manière satisfaisante des phénomènes physiques et biologiques observés. Cependant, du fait même que chaque mois conserve sa valeur propre dans la sommation effectuée, ce rapport tend vers une constante dès que le nombre de mois augmente, ce qui en limite l'emploi à une période relativement courte (l'année agricole).

Pour éviter cet écueil, partant de ce fait qu'à une époque donnée l'action du mois en cours doit être prépondérante, nous avons accordé à ce mois la valeur 1/2 dans le calcul de l'indice qui le caractérise, l'importance de tous les mois précédents comptant elle-même pour 1/2.

Dans ces conditions, désignant par I_1, I_2, I_3, ... les rapports $10\,P_1/E_1$, $10\,P_2/E_2$, $10\,P_3/E_3$, ... se rapportant aux mois successifs considérés, on a, par hypothèse,

$$R_1 = I_1 = 10\frac{P_1}{E_1}, \qquad R_2 = \frac{R_1 + I_2}{2} = \frac{10\frac{P_1}{E_1} + 10\frac{P_2}{E_2}}{2},$$
$$R_3 = \frac{R_2 + I_3}{2}, \qquad \ldots, \qquad R_n = \frac{R_{n-1} + I_n}{2},$$

ce qui conduit à un développement en série, dont le terme général devient, en explicitant R,

$$R_n = \frac{I_1}{2^{n-1}} + \sum_{p=2}^{p=n} \frac{I_p}{2^{n-p+1}}.$$

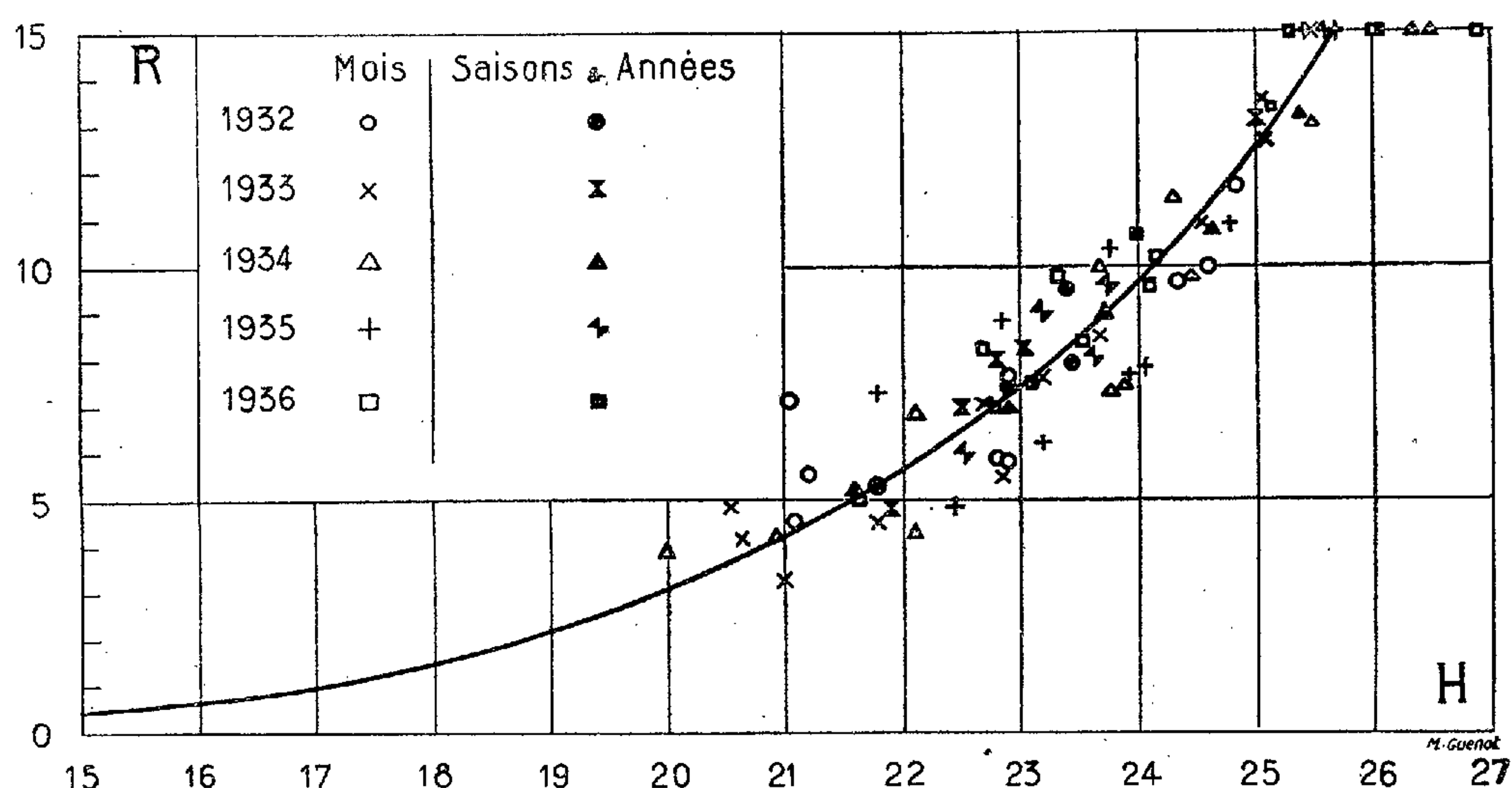
En calculant les premiers termes de cette série, on constate que l'influence d'un mois donné décroît avec le temps suivant une progression géométrique de raison 1/2 et devient ainsi sensiblement négligeable au bout de 5 mois. Cette limite de temps assignée à la durée d'épuisement des réserves d'eau accumulées dans le sol pendant l'hiver semble admissible, tout au moins dans les conditions de climat de la région parisienne et pour le type de sol considéré.

Corrélation avec l'humidité du sol. — Tout récemment, H. Geslin [1] a indiqué une méthode simple de détermination de l'humidité du sol. Nous avons comparé les humidités moyennes mensuelles calculées à l'aide de ce procédé avec les indices déduits de la formule précédente. On constate une corrélation nette entre ces valeurs. Cependant, lorsque la capacité maxi-

---

(1) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 1095.

mum de rétention du sol pour l'eau est atteinte, ce qui se produit surtout en hiver, un excédent de pluie passant à l'état d'eau de drainage ne peut être d'aucun bénéfice pour le sol; l'augmentation de l'indice R qui en résulte perd ainsi toute signification. Il nous a semblé légitime de limiter sa valeur au chiffre 15, correspondant à une humidité du sol voisine de 26 pour 100 de terre sèche. Il s'agit bien entendu de l'humidité moyenne mensuelle; l'humidité journalière peut en effet dépasser ce chiffre, puisque la capacité maximum de rétention pour l'eau du sol étudié peut dépasser 30 pour 100.



Le graphique obtenu dans ces conditions, relatif aux années 1932 à 1936, est particulièrement significatif. La relation est de la forme $R = aH^m$ (H étant l'humidité du sol, a et m des coefficients appropriés). Si quelques points paraissent aberrants, on peut en donner l'explication suivante : l'indice R, établi à l'aide de totaux mensuels, tend à indiquer le degré d'aridité atteint à la fin du mois considéré; au contraire, l'humidité du sol H, qui est la moyenne des humidités journalières, représente l'état moyen du sol pendant le mois. La non-concordance entre ces deux valeurs est, par suite, d'autant plus accentuée que la répartition des pluies aura été plus irrégulière au cours du mois.

La corrélation est presque parfaite si nous utilisons comme terme de comparaison les années et les saisons. Les écarts par rapport à la courbe d'accord sont au plus de $\pm$ 0,4 pour 100 (en humidité).

Conclusions. — Ni la considération des quantités de pluie recueillies, ni celle de la répartition des précipitations dans le temps ne peuvent nous renseigner sur les réserves d'eau d'un sol à un instant donné. L'indice que nous venons de définir est, au contraire, particulièrement suggestif à cet égard. A chaque type de sol doit correspondre une relation $R = aH^m$ caractérisant son véritable *pouvoir de rétention pour l'eau*, c'est-à-dire sa plus ou moins grande aptitude à maintenir ses réserves dans des conditions climatiques données. Plus généralement, l'indice R apparaît comme une caractéristique du climat d'un lieu donné et doit permettre de fixer, sous ce rapport, la possibilité d'une culture dans une région déterminée.

PHYSIOLOGIE. — *De la suppression des causes d'erreurs dans la mesure des pressions artérielles.* Note de M. **Pierre Menard**, présentée par M. Paul Portier.

Les erreurs commises dans la mesure des pressions artérielles tiennent à la fois aux instruments et aux méthodes utilisées.

Signalons tout d'abord que les manomètres métalliques et même les manomètres à mercure ordinaires, lorsqu'ils sont employés pour la mesure de forces en mouvement, fournissent des chiffres de pressions toujours sujets à caution et habituellement inexacts. En outre, les oscillomètres, à type différentiel, actuellement en usage ne sont ni à sensibilité constante ni à sensibilité maximale. En effet, la capsule oscillométrique est enfermée dans un boîtier étanche de dimension trop réduite pour permettre son extension normale. Il en résulte que les variations de volume même très minimes de la capsule compriment l'air du boîtier et que cette compression est d'autant plus marquée que les oscillations sont plus grandes (phénomène connu du *plateau*, qui est resté inexpliqué). Les oscillations de l'aiguille ne sont donc pas homologues aux oscillations de l'artère que l'on explore. Il s'ensuit que l'on ne peut fixer d'une manière correcte le chiffre de la pression moyenne dynamique, chiffre si important à connaître en physiologie et en médecine. Ce que nous avançons se démontre d'une manière indiscutable. Il suffit de mettre le boîtier de l'oscillomètre en communication avec des capacités auxiliaires croissantes. On observe alors que l'amplitude des oscillations croît dans le même sens que les capacités et ceci peut se vérifier en outre par des mesures effectuées au manomètre.

Les méthodes en cours pour la mesure des pressions artérielles sont au nombre de deux : méthodes palpatoire auscultatoire et méthode oscillométrique. La première méthode, ne permettant pas la mesure de la pression moyenne dynamique, ne doit pas être retenue. La seconde utilise, comme nous venons de le dire, un oscillomètre défectueux comme construction et elle a à sa base une erreur de principe, parce que le brassard brachial est à la fois brassard compresseur et explorateur. Ces fonctions simultanées sont une source d'erreurs : interposition de tissus plus ou moins épais entre l'artère et le brassard; quantité d'air variant continuellement dans le brassard au cours des compressions et des décompressions, etc. Dans ces conditions les deux pressions, maximum et moyenne dynamique, sont fonction de l'appareil employé plus que de l'état circulatoire.

En fait, avec les instruments et les méthodes utilisés actuellement, les médecins seuls peuvent prendre la pression artérielle et trois médecins prenant les pressions artérielles d'un même sujet trouveront tous les trois des chiffres différents pour les pressions maximum, moyenne et minimum.

Les causes d'erreurs que nous venons de signaler peuvent être supprimées.

On remplace les manomètres métalliques et les manomètres à mercure ordinaires par notre *manomètre inversable à oscillations amorties*, instrument que nous avons déjà présenté à l'Académie ([1]) et dont les indications sont toujours rigoureusement exactes. Rappelons que l'inversabilité et l'amortissement sont obtenus par l'adjonction, dans les réservoirs terminaux du tube à mercure, de crochets en verre à orifices rétrécis.

Pour remédier aux défauts des oscillomètres courants nous avons fait construire un *nouveau modèle d'oscillomètre à oscillations libres*. Le freinage des oscillations se trouve supprimé grâce à de grandes chambres d'air de détente communiquant largement avec le boîtier.

Notre méthode emploie *deux brassards*. L'un, compresseur, de grand volume est appliqué sur le bras et est relié à notre manomètre. L'autre, détecteur, de petit volume est appliqué au-dessous de la zone comprimée, au pli du coude, là où l'artère humérale est la plus superficielle. Il est relié directement à notre oscillomètre. Ainsi il n'y a pas d'oscillations supramaximales. Les deux brassards communiquent entre eux et un robinet permet d'isoler le petit brassard du grand lorsque la pression a atteint dans les deux brassards 4 ou 5^{cm} de mercure. Le brassard détecteur est formé

([1]) *Comptes rendus*, **171**, 1920, p. 1129.

d'une poche de caoutchouc de petit volume. *La quantité d'air contenue dans le petit brassard et l'oscillomètre reste constante pendant toute la durée de la mesure. La pression de cet air* (4 ou 5^{cm} Hg) reste aussi sensiblement *constante.*

Avec les dispositifs que nous venons de décrire la mesure des pressions artérielles est simple et à la portée de toute personne instruite. Le coefficient personnel est supprimé. Les chiffres trouvés sont justes. Au cours de la manœuvre classique de la décompression de l'air du brassard brachial, la première oscillation visible de l'aiguille de l'oscillomètre donne le chiffre de la pression maximum et la plus grande oscillation celui de la pression moyenne dynamique. L'aiguille part du zéro ou d'un chiffre voisin du zéro.

La réalisation des appareils décrits est due à la collaboration de M. Raoul-M. Leclerc.

SÉROLOGIE. — *Contribution à l'étude de l'infIluence exercée par l'alexine sur la dispersion d'un complexe colloïdal par un sérum sanguin.* Note de MM. **Maurice Doladilhe** et **Charles Morel**, présentée par M. Félix Mesnil.

Quelques auteurs ont observé que les complexes colloïdaux provenant de l'action d'un sérum syphilitique sur un hydrosol d'extrait d'organe subissent une dispersion lorsqu'ils fixent l'alexine d'un sérum étranger.

Ainsi Vernes [1] signale que le floculat engendré par un sérum syphilitique et le péréthynol fixe l'alexine d'un sérum de porc et subit, en même temps, une dispersion notable.

Douris, Mondain et Beck [2] observent que la fixation d'une alexine de cobaye par le mélange d'un sérum syphilitique et d'un colloïde d'extrait d'organes entraîne une diminution de l'opalescence de ce mélange. Ces auteurs concluent que l'alexine doit exercer une action dispersante sur le complexe issu d'un sérum syphilitique et d'un colloïde d'organe.

L'un de nous [3] a montré que tous les sérums normaux, alexiques ou inactifs, exercent une action dispersante sur les colloïdes d'origine végétale (gommes, résines) et sur les colloïdes d'organes, stables ou en voie de

(1) *Publ. Inst. Prophyl.*, fasc. 1 et 2, 1922.
(2) *C. R. Soc. Biologie*, **110**, 1932, p. 15.
(3) Doladilhe, *Ann. Inst. Pasteur*, 53, 1934, p. 379.

floculation sous l'action d'un électrolyte, d'un sérum normal, ou d'un colloïde.

Les observations de Vernes, Douris, Mondain et Beck conduisent à penser que les complexes colloïdaux issus d'un sérum syphilitique et d'un colloïde d'organe exigent le concours de l'alexine pour être dispersés par un sérum sanguin.

Les quelques expériences que nous rapportons ci-après apportent une contribution à la solution de ce problème.

1° Les floculats provenant des mélanges d'un sérum syphilitique et d'un colloïde d'organe, effectués suivant les techniques sérélogiques en usage (Kahn, Meinicke, réaction F. D.), sont repris par de l'eau physiologique et additionnés d'un peu de sérum normal frais et alexique, puis inactivé par un chauffage de 20 minutes à 55° ou par le contact avec des globules rouges sensibilisés. Ces mélanges sont portés à l'étuve à 37°. Dans ces conditions, on constate que seules les suspensions contenant le sérum alexique ont subi un éclaircissement très net que traduit la diminution de leurs coefficients de diffusion lumineuse. On observe en même temps, par le test d'hémolyse, la fixation de l'alexine. On note que cet éclaircissement est d'autant plus prononcé et se produit d'autant plus rapidement que la concentration du sérum est plus élevée.

2° Les stromas de globules rouges, séparés de l'hémoglobine par la méthode au gaz carbonique indiquée par Diacono [1], puis repris par de l'eau physiologique, sont centrifugés. La fraction surnageante, opalescente, constitue une suspension de protéines des stromas globulaires.

Si les globules rouges ont été préalablement sensibilisés par l'antisérum correspondant, l'addition d'un peu de sérum normal provoque, à 37°, une notable diminution du coefficient de diffusion lumineuse de la suspension. Si le sérum a été inactivé, on n'observe au contraire aucun éclaircissement.

Si les globules rouges n'ont pas subi l'action de l'antisérum, l'addition d'un peu de sérum normal n'entraîne une diminution du coefficient de diffusion lumineuse qu'à la condition qu'il possède non seulement de l'alexine, mais aussi une sensibilisatrice naturelle pour les globules rouges utilisés. Cet éclaircissement s'accompagne toujours de la fixation de l'alexine.

3° Le mélange d'un antisérum et de son antigène est effectué dans des proportions convenables pour qu'il soit le siège d'une floculation *très lente.*

---

(1) DIACONO, *L'hémolyse,* Paris, 1934.

Cette floculation n'est ralentie notablement et même *supprimée* par l'addition d'un peu de sérum normal qu'à la condition que ce dernier soit alexique; ce phénomène s'accompagne de la fixation de l'alexine.

4° Enfin, comme l'un de nous l'a montré (¹), l'inactivation par le chauffage d'un sérum peut diminuer l'action dispersante qu'il exerce sur un colloïde d'origine végétale en voie de floculation. Nous avons constaté que cette influence dépressive ne s'exerce qu'entre certaines limites de concentrations respectives du colloïde et du sérum. C'est d'ailleurs entre ces limites que la fixation de l'alexine est la plus prononcée.

Conclusion. — Ces expériences montrent que, si le sérum sanguin possède un pouvoir disperseur, certains complexes colloïdaux sont beaucoup plus sensibles que d'autres à cette action physique. C'est le cas par exemple de ceux qui proviennent de l'action d'un sérum syphilitique sur un colloïde d'organe ou de ceux qui sont engendrés par l'union d'un antigène avec son anticorps. Dans ce cas l'alexine, par sa fixation, sensibilise ce complexe à l'action dispersante du sérum.

Au contraire, lorsque le complexe est facilement sérodispersible, l'alexine n'intervient que très peu ou pas du tout dans l'action de dispersion.

Ces résultats montrent aussi que les complexes colloïdaux provenant de l'action d'un sérum syphilitique sur un extrait d'organe se révèlent très peu sérodispersibles et se comportent comme ceux qui sont engendrés par l'union d'un antigène et de son anticorps. Cette constatation est à rapprocher des résultats que Vernes (²) a tout dernièrement publiés.

A 16ʰ5ᵐ l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 17ʰ.

E. P.

(¹) Morel, *C. R. Soc. Biol.*, 122, 1936, p. 254.
(²) Vernes, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 684.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 30 NOVEMBRE 1936.

PRÉSIDENCE DE M. JEAN PERRIN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** s'exprime en ces termes :

Mes chers Confrères,

Notre Confrère **Édouard Goursat** vient de disparaître.

Je m'excuse de laisser à notre éminent Secrétaire perpétuel le soin d'exposer ce que les sciences mathématiques lui doivent.

Faisant cependant appel à mes souvenirs personnels du temps où il fut mon maître à l'École normale, je vous dirai ce qui est, par-dessus tout, resté gravé dans ma mémoire : c'est l'extraordinaire clarté d'exposition de son enseignement.

En votre nom, je prie respectueusement Mme Goursat d'agréer les condoléances de l'Académie, pour elle, pour ses enfants et ses petits-enfants, et je passe la parole à M. Émile Picard. Que celui-ci veuille bien se charger de retracer devant vous son œuvre mathématique, c'est le plus grand hommage qui puisse être rendu à la mémoire de notre Confrère.

M. **Émile Picard** prend alors la parole en ces termes :

Tous ceux qui ont approché **Édouard Goursat** ont appris sa mort avec une profonde tristesse. Goursat n'avait pas voulu de discours officiels à ses obsèques. Seul, vendredi dernier, à la gare, près du train qui allait amener le corps de notre Confrère à Tulle, où a eu lieu l'inhumation, M. Gaston Julia a dit avec émotion la peine que causait à ses anciens élèves la dispari-

tion d'un maître, dont ils admiraient le talent et le caractère. M. le Président, se rappelant qu'il avait suivi les cours de Goursat, vient de nous dire aussi le souvenir qu'il a gardé de ce remarquable professeur.

Le savant chez Goursat fut à la hauteur du professeur; on peut dire qu'il laisse une œuvre parfaite. Quelle solidité, en effet, dans ses travaux. Il n'a jamais rien publié de hâtif, et il mérite d'être proposé comme mobile à tant de chercheurs de notre temps, trop pressés de publier des résultats insuffisamment médités. Quelle variété aussi dans son œuvre; elle témoigne de la souplesse d'un talent qui s'est exercé avec une grande distinction dans les directions les plus variées. On y doit louer encore le souci de pousser, autant que possible, les questions jusqu'à leur dernier terme. Il ne craignait pas de s'attarder à l'étude approfondie de cas particuliers judicieusement choisis. Allant au fond des choses, de telles études sont souvent plus utiles pour les progrès ultérieurs de la science que le développement prématuré de certaines généralités.

Un des premiers résultats obtenus par Goursat a donné une réponse à une question posée depuis longtemps. Cauchy avait établi, dans des conditions inutiles à rappeler, que l'intégrale d'une fonction le long d'un contour fermé est nulle. On admettait dans la démonstration la continuité de la dérivée; Goursat a montré qu'il suffit d'admettre l'existence de cette dérivée, sans supposer sa continuité.

La théorie des transformations rationnelles des équations différentielles linéaires, les études sur la série hypergéométrique, sur l'équation de Kummer, sur la réduction des intégrales abéliennes, ont révélé à notre Confrère un grand nombre de faits analytiques nouveaux.

En géométrie analytique et en géométrie infinitésimale, Goursat n'a pas été moins heureux, mais c'est à la théorie des équations aux dérivées partielles du second ordre qu'il est revenu le plus souvent. Longtemps après la publication des Mémoires célèbres de Monge et d'Ampère, on n'était pas fixé sur ce qu'on devait entendre par l'intégrale générale de ces équations. Ampère avait donné une définition; une autre se déduisait des travaux de Cauchy. On se demandait si une intégrale générale au sens d'Ampère était ou non générale au sens de Cauchy. Goursat a repondu par la négative et a montré que la définition de Cauchy doit seule être conservée.

Dans cette théorie, Goursat a encore précisé d'une manière magistrale la notion de multiplicités caractéristiques, ce qui l'a conduit à une classification, devenue classique, des équations du second ordre. On doit aussi

rappeler qu'il a montré le premier la véritable portée d'une méthode, pendant longtemps plus admirée qu'étudiée, proposée en 1870 par Darboux pour l'intégration des équations aux dérivées partielles. Toutes ces recherches ont été rassemblées dans deux volumes, qui constituent une œuvre scientifique de la plus haute valeur.

Ceux qui cultivent l'analyse mathématique trouveront sans doute longtemps encore des sujets d'étude dans les équations aux dérivées partielles. Il n'en est peut-être pas de plus intéressant pour les théories de la physique moderne. Alors qu'une théorie reposant sur un modèle tangible ou visible finit très souvent par conduire à des contradictions, il semble que seul, dans bien des cas, permette de les éviter le symbolisme mathématique, où les équations différentielles jouent un rôle extrêmement important.

Quoi qu'il en soit de l'avenir, l'œuvre si soignée et si pleine de Goursat, dont je n'ai pu ici que donner une idée bien succincte, conservera toute sa valeur, et sa disparition est une grande perte pour notre école mathématique française.

Je me joins à M. le Président pour présenter à Mme Goursat et à ses enfants les regrets et les condoléances émues de l'Académie.

Notice sur Gustave Binger, par M. **Jean Tilho**.

Notre Correspondant **Louis-Gustave Binger** vient de mourir au moment où il entrait dans sa 81e année. Avec lui c'est une des plus belles figures de l'expansion coloniale française qui disparaît.

Cet alsacien, né à Strasbourg le 14 octobre 1856, avait quitté sa chère Alsace, devenue allemande, pour consacrer sa vie à la France : nul ne l'a mieux servie, comme soldat, explorateur, administrateur et diplomate ; il est l'un des pionniers à qui notre pays est redevable de la création de son empire africain au sud du Sahara.

En pleine jeunesse, la gloire l'avait marqué pour l'immortalité, lorsqu'au printemps de 1889 il rentra de cette mémorable expédition à travers les territoires inconnus de la boucle du Niger, qui l'égala aux plus fameux explorateurs du continent noir, Caillié, Denham, Barth et Nachtigal.

En cette courte Notice, il n'est pas possible de résumer ce magnifique et dangereux voyage, qui lui fit visiter, en deux ans, plus de 300000$^{km^2}$ de terres vierges où les cartes de l'époque ne mentionnaient que d'incertaines rivières et de fantaisistes massifs montagneux.

Parti du Sénégal au début de 1887, le Lieutenant d'Infanterie de Marine Binger s'était, en effet, aventuré, en simple commerçant, à travers les États ravagés par la famine et surtout par les guerres incessantes de potentats nègres Samory et Tiéba. Seul Européen, sans escorte, il transportait, sur une vingtaine de bourricots conduits par neuf indigènes, des échantillons de marchandises françaises susceptibles de plaire aux populations soudanaises; pour tout armement défensif, il avait deux fusils Gras, un fusil de chasse, et quatre vieux pistolets à pierre. Son sang-froid, son courage, sa persévérance et surtout son inaltérable bonté lui firent surmonter toutes les épreuves et lui permirent de faire connaître, respecter et apprécier la France par tous les chefs et toutes les tribus avec lesquels il fut en contact.

Son programme politique et économique était d'assurer une liaison terrestre continue entre nos derniers postes du Haut-Niger et nos modestes établissements d'Assinie et de Grand Bassam, sur les rives inhospitalières du Golfe de Guinée. Son programme géographique était de remplir les *blancs* de la carte d'Afrique dans la mystérieuse boucle du Niger et dans les forêts qui séparent son bassin de ce que l'on appelait alors les *Rivières du Sud*.

Au prix de quels efforts et de quelles tribulations il parvint à les réaliser, il l'a conté avec la plus charmante bonhomie et la plus grande modestie dans son livre couronné par l'Académie française *Du Niger au Golfe de Guinée, par le pays de Kong et le Mossi*.

A son retour en France, il fut accueilli par une explosion d'enthousiasme que justifiaient amplement les résultats de son expédition. Par des traités de commerce et d'amitié, il avait réussi à placer sous l'influence française les multiples états indépendants, grands et petits, qui s'échelonnaient le long de ses itinéraires, préparant notre emprise sur un vaste domaine, de façon à réduire à de simples enclaves les possessions anglaises du Golfe de Guinée.

Il rapportait de précieux renseignements sur la densité de leur population, leurs ressources agricoles et industrielles, les grandes voies des caravanes, les principaux centres commerciaux, la navigabilité des cours d'eau.

Au point de vue géographique, il apportait une carte générale, construite à l'aide de 50000^{km} de levés par renseignements, soigneusement recoupés et contrôlés, s'appuyant sur 4000^{km} d'itinéraires topographiques méthodiquement levés et solidement étayés par 18 positions astronomiques. Cette carte permettait désormais de délimiter correctement les divers

bassins hydrographiques, et donnait ainsi une première physionomie ressemblante de l'ensemble de ces vastes régions.

Deux ans plus tard, à l'occasion de la délimitation des frontières entre la Côte d'Ivoire et la Côte d'Or anglaise, Binger, au cours d'une nouvelle exploration revenait à Kong, ayant largement étendu au Sud de cette cité le cercle de ses découvertes géographiques.

En 1893, le gouvernement lui confiait le soin de constituer en colonie autonome l'ensemble des territoires qu'il avait donnés à la France : ainsi naquit notre colonie de la Côte d'Ivoire, une des plus prospères de notre empire africain, dont il fut le créateur, l'organisateur, et le premier gouverneur.

A partir de 1896, Binger fut appelé à exercer, au Ministère des Colonies, les hautes fonctions de directeur des Affaires d'Afrique. Dans ce poste important, qu'il occupa sans interruption jusqu'en 1907, sa grande expérience des hommes et des choses du continent noir lui conférait auprès des ministres une autorité morale indiscutée. Il fut l'inspirateur de toute notre politique africaine et l'actif organisateur des missions d'exploration qui eurent à réaliser, à l'intérieur du continent, la jonction des *hinterlands* de nos colonies échelonnées le long des côtes de l'Atlantique : Sénégal, Guinée, Côte d'Ivoire, Dahomey, Gabon et Congo français, ce qui permit de les grouper, au début du siècle, en deux gouvernements généraux, et d'entreprendre les grands travaux destinés à accélérer leur mise en valeur.

Mais le rôle de Binger ne se borna point à cette grande œuvre de l'organisation politique et économique de l'Afrique française. Il prit une part prépondérante à l'élaboration des traités qui devaient mettre fin aux rivalités africaines entre la France et l'Angleterre, et préparer l'Entente Cordiale :

Convention de 1898, fixant les frontières franco-britanniques, depuis le Sénégal jusqu'au lac Tchad, autour de la Guinée anglaise, de Sierra Leone, de la Gold Coast et de la Nigeria.

Convention de 1899, définissant la limite des zones d'influence des deux puissances à l'ouest du Nil, depuis les sources de l'Oubangui jusqu'aux confins de la Tripolitaine, par l'Ouadaï, l'Ennedi et le Tibesti.

Conventions de 1904 et de 1906, améliorant à notre profit le tracé des frontières depuis le Niger jusqu'au Tchad.

Entre temps il publiait deux importantes études géographiques; l'une, consacrée à la priorité des découvertes maritimes sur la côte occidentale

d'Afrique, au XIVe et au XVe siècle, témoignait de l'ampleur de son érudition; l'autre traitant des questions islamiques, montrait les possibilités et les avantages de l'utilisation des grandes confréries musulmanes pour la pacification et le développement de nos possessions africaines.

En 1907, nommé gouverneur général honoraire, il quittait prématurément le service actif afin de se consacrer à l'éducation de ses enfants et s'adonner à l'agriculture pour laquelle il avait toujours eu une prédilection très marquée. Mais il n'en oubliait pas pour cela l'Afrique.

En 1928, il retournait en Côte d'Ivoire dont il admirait les remarquables transformations, en parcourant avec Mme Binger en chemin de fer et en automobile les contrées qu'il avait eu la gloire de faire connaître au monde civilisé. En 1934, étant au nombre des délégués chargés de représenter le gouvernement à l'inauguration des statues des généraux Borgnis-Desbordes et Archinard, il en profitait pour effectuer la traversée du Sahara en automobile.

Il avait été élevé à la dignité de grand officier de la Légion d'honneur à l'occasion de l'Exposition coloniale de Vincennes, et notre Académie, le 3 avril 1933, l'avait élu Correspondant pour la Section de Géographie et de Navigation.

A la veuve et aux enfants du grand Français que fut l'explorateur Binger, l'Académie adresse l'hommage de ses profonds regrets et de sa douloureuse sympathie.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur le problème des partis.* Note de M. **Émile Borel.**

Le problème des partis de Pascal consiste à calculer la valeur du parti d'un joueur, c'est-à-dire la fraction des mises qui doit lui revenir équitablement, lorsque le jeu est interrompu.

Considérons un jeu entre deux joueurs A et B, qui se joue en $n+p+1$ points; à chaque coup, le joueur A a une probabilité a de gagner 1 point et une probabilité x^2 de gagner 2 points; les probabilités pour B de gagner respectivement 1 ou 2 points sont b et y^2. Si les règles du jeu sont telles que les deux joueurs ne peuvent pas gagner simultanément et que le coup ne peut être nul, on a

$$a+x^2+b+y^2=1.$$

Dans ces conditions, si A et B ont obtenu respectivement $p+1$ et

n points, de sorte qu'il manque à A, pour gagner, n points, tandis qu'il en manque $p+1$ à B, la valeur P du parti de A est donnée par la formule

$$P = A_{1,n}B_{n,p} + A_{2,n}B_{n-1,p} + \ldots + A_{h,n}B_{n-h+1,p} + \ldots,$$

la somme étant prolongée jusqu'à ce que $A_{h,n}$ devienne nul, ce qui arrive lorsque $2h$ dépasse $n+1$.

Les valeurs de $A_{p,n}$ et de $B_{n,p}$ sont, en effet, les suivantes :

$$A_{1,n} = a^{n-1}(a+x^2),$$
$$A_{2,n} = a^{n-3}x^2[(n-1)a+(n-2)x^2]$$

et, pour $h>2$,

$$A_{h,n} = \frac{(n-h)(n-h-1)\ldots(n-2h+3)}{(h-1)!}a^{n-2h+1}x^{2h-2}$$
$$\times[(n-h+1)a+(n-2h+2)x^2],$$
$$B_{n,0}=1$$

et, pour $p \geqq 1$,

$$\begin{aligned}B_{n,p} = 1 + nb + \frac{n(n+1)}{1-2}b^2 + \ldots + \frac{n(n+1)\ldots(n+p-1)}{p!}b^p \\ + ny^2\left[1+(n+1)b+\ldots+\frac{(n+1)(n+2)\ldots(n+p-2)}{(p-2)!}b^{p-2}\right] \\ + \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ + \frac{n(n+1)\ldots(n+k-1)}{k!}y^{2k}\left[1+(n+k)b+\ldots\right. \\ \left.+\frac{(n+k)\ldots(n+p+k-1)}{(p-2k)!}b^{p-2k}\right] \\ + \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots,\end{aligned}$$

la somme étant prolongée jusqu'à ce que $p-2k$ devienne négatif.

On observera que $B_{n,p}$ peut être obtenu en développant en série l'expression

$$\frac{1}{(1-b-y^2)^n},$$

et en conservant seulement les termes dont le degré total par rapport à b et y ne dépasse pas p. Cette remarque facilite beaucoup la démonstration de la formule qui donne P. Il est en effet évident que si n est fixe et si p augmente indéfiniment, P doit tendre vers l'unité, quels que soient b et y, sous la seule condition que a et x ne soient pas tous deux égaux à zéro.

Il serait surprenant que, depuis que Pascal a posé le problème des partis, les formules que je viens de donner n'aient pas été trouvées sous une forme ou sous une autre; je n'en ai cependant pas eu connaissance et la démonstration dont je viens d'indiquer le principe me paraît particulièrement

simple et s'étend facilement au cas où chaque joueur peut, en un seul coup, gagner un nombre quelconque de points. Elle pourrait sans doute aussi s'étendre à des problèmes plus généraux. L'un des plus intéressants est celui des jeux semi-symétriques où les deux joueurs A et B changeant de position à chaque coup, alternent leurs probabilités.

En calculant, par des formules symétriques des précédentes, le parti Q du joueur B, l'identité $P+Q=1$ est assez curieuse, même dans le cas simple où l'on suppose $x=y=0$.

Lorsque les formules que nous avons données sont supposées connues, leur vérification empirique est aisée au moyen des identités

$$A_{p,n}=aA_{p,n-1}+x^2A_{p-1,n-2},$$
$$B_{n,p}=B_{n-1,p}+bB_{n,p-1}+y^2B_{n,p-2},$$

dans lesquelles on devra supposer $A_{0,n}=0$, $B_{0,n}=1$.

On peut observer que, si l'on pose $x^2=X$, l'expression de $A_{h,n}$ devient

$$A_{h,n}=a^{n-2h+1}X^{h-1}C_{h,n},$$

$C_{h,n}$ étant de la forme $ca+c'X$, c et c' étant des constantes. Les formes linéaires $C_{h,n}$ sont déterminées par les identités suivantes, où p est égal à $n/2$ si n est pair et à $h-1/2$ si n est impair

$$(a+X)^n=X^p(a+X)^pC_{p+1,n}+\ldots+a^{2k}X^{p-k}(a+X)^{p-k}C_{p+1-k,n}+\ldots,$$

où la somme s'étend jusqu'à la valeur $k=p$. Un polynome $f(X)$ de degré $2p$ ou $2p+1$ peut se mettre en effet d'une seule manière sous la forme

$$f(x)=c_0[x(x+1)]^p+c_1[x(x+1)]^{p-1}+\ldots+c_k[x(x+1)]^{p-k}+\ldots+c_p,$$

où $c_0, c_1, c_2, \ldots, c_p$ sont du premier degré en x [c_0 étant une constante si $f(x)$ est de degré $2p$].

Pour terminer, indiquons brièvement les formules dans le cas où les probabilités pour le joueur A, de gagner respectivement $1, 2, 3, \ldots, k$ points, sont $a, b^2, c^3, \ldots, l^k$ et les probabilités pour le joueur B de gagner $1, 2, 3, \ldots, k'$ points sont $x, y^2, z^3, \ldots, u^{k'}$.

Calculons l'entier h par les inégalités

$$\frac{n}{k}\leqq h<\frac{n}{k}+1$$

et posons $s=n+1-h$.

Désignons par $A_{s,n}$ l'ensemble des termes de l'expression

$$A_h=(a+b^2+c^3+\ldots+l^k)^h$$

dont le degré total atteint ou dépasse n et soit B_h la différence $A_h - A_{s,n}$. On désignera par $A_{s-1,n}$ l'ensemble des termes de l'expression

$$B'_h = B_h(a + b^2 + c^3 + \ldots + l^k)$$

dont le degré total dépasse n et par C_h la différence $B'_h - A_{s-1,n}$. On formera de même le produit

$$C'_h = C_h(a + b^2 + \ldots + l^k)$$

et l'on continuera ainsi jusqu'à ce que l'on obtienne finalement

$$A_{1,n} = a^{n-1}(a + b^2 + c^3 + \ldots + l^k).$$

D'autre part $B_{n,p}$ s'obtient en développant en série l'expression

$$\frac{1}{(1 - x - y^2 - \ldots - u^{k'})^n}$$

et en ne conservant que les termes dont le degré ne dépasse pas p. La formule qui donne la probabilité P pour A de gagner, lorsqu'il lui manque n points, tandis qu'il en manque $p+1$ à B, est alors

$$P = A_{1,n}B_{n,p} + A_{2,n}B_{n,p-1} + \ldots + A_{s,n}B_{h,p}.$$

PALÉONTOLOGIE. — *Le test des Ostréidés, du groupe de l'*Ostrea cochlear (*genre* Pycnodonta, *F. de W.*) *et le test des Rudistes*. Note de M. **Henri Douvillé**.

Pycnodontes. — L'*Ostrea cochlear* se distingue par sa coquille lisse et par sa forme : valve inférieure fortement concave et valve supérieure plate. Elle vit dans des eaux relativement profondes; elle a été draguée au large de Banyuls à la profondeur de 250m, fixée sur un polypier, *Lophohelia prolifera*. Elle est le type du genre *Pycnodonta*.

A l'état fossile, elle est assez fréquente dans le Pliocène; j'ai figuré dans un Mémoire précédent le *P. rarilamella* de l'Eocène; le *P. vesicularis* caractérise la craie supérieure à Meudon comme à Royan, et dans ce dernier gisement il accompagne les Rudistes. Dans toutes ces formes on distingue dans le test des couches celluleuses, analogues à celle que j'ai figurée sur le limbe de la valve supérieure du *P. rarilamella*.

Une coupe transversale montre que la coquille des Pycnodontes est essentiellement formée, comme celle de l'*Ostrea edulis*, par les feuillets des couches internes transparentes, présentant de même, par places, des lacunes

irrégulières dans lesquelles les couches blanches sont remplacées par les couches celluleuses. Leur association intime avec les couches lamelleuses montre qu'il faut également les considérer comme des couches internes.

Dans ces couches, les cellules sont très inégalement développées : sur quelques échantillons jeunes, de petite taille, elles font même complètement défaut et la couche est constituée par de fines lamelles groupées en forme de houppes, tandis que les feuillets intercalés de la couche transparente présentent leur structure habituelle, avec leurs fines lamelles couchées : je les ai vues, dans quelques préparations, formant des faisceaux allongés et anastomosés. Elles se distinguent toujours par leur limpidité, tandis que les impuretés et les déchets se concentrent dans les couches celluleuses; ils mettent en évidence leur structure, ainsi que leur mode de formation.

On voit sur certains points apparaître d'abord des taches claires, puis des vides arrondis, de petite taille, qui augmentent progressivement de grandeur et finissent par former un réseau à mailles arrondies, puis polygonales; les cloisons qui les séparent semblent formées par l'accumulation des impuretés de la pseudo-solution colloïdale originaire. Dans les formes fossiles ces mailles forment de véritables cellules vides, des géodes avec leurs parois tapissées de fins cristaux de calcite.

Dans les *P. cochlear* de Banyuls on distingue sur la valve supérieure, en prolongement des feuillets lamelleux des couches internes, des écailles brunes analogues à celles de l'*Ostrea edulis* et présentant la même structure cristalline. On a vu qu'elles sont facilement caduques, et jusqu'à présent elles n'ont pas été observées sur les fossiles.

Nous retrouvons ainsi sur les Pycnodontes les éléments essentiels de la coquille de l'*O. edulis*, les couches brunes et les couches transparentes, les couches blanches étant remplacées par les couches celluleuses. Cette modification paraît bien résulter des conditions différentes dans lesquelles vivent ces mollusques : l'*O. edulis* habite les eaux sublittorales, tandis que l'*O. cochlear* vit dans des eaux relativement profondes où la nourriture est plus rare; d'où la nécessité d'économiser la matière nécessaire pour la formation de la coquille, économie qui a été réalisée, comme on le fait aujourd'hui dans l'industrie, par un cloisonnement du dépôt, et par la formation de cellules.

En résumé on voit que la coquille des huîtres se trouve caractérisée par l'absence des couches externes; elle est toujours formée des trois mêmes éléments, couche transparente, couche blanche et couche brune; celle-ci étant le prolongement de la couche transparente, ces éléments se réduisent

à deux, la couche lamelleuse (couche transparente et couche brune) et la couche blanche, tantôt compacte, tantôt celluleuse. Ces deux éléments intimement associés ne pouvant être séparés doivent être considérés l'un et l'autre comme des couches internes.

Nous allons retrouver dans la famille des Rudistes deux cas analogues, également caractérisés par l'absence, ou mieux la disparition des couches externes, les Hippurites et les Radiolites.

Rudistes. — Je les ai rattachés aux Cardiidés : on retrouve dans les premières formes, dans les *Diceras* du Jurassique, l'ornementation des *Cardium*, avec des côtes longitudinales caractéristiques. Elle s'atténue parfois, mais reparaît fréquemment jusqu'à la fin du groupe.

La structure du test n'est que rarement bien conservée, étant le plus souvent altéré par la fossilisation; c'est le cas notamment pour les Dicératidés du Jurassique. Il semble cependant que les couches externes sont lamelleuses, comme celles que Cayeux a figurées dans *Cardium edule*, où elles sont groupées en faisceaux.

Dans les Réquiénidés du Crétacé inférieur, elles se distinguent dans les coupes par leur couleur foncée, presque noire; au microscope elles se montrent formées de bandes parallèles, alternativement claires et foncées, ayant environ $0^{mm},025$ sur une de mes préparations; elles semblent correspondre aux lignes d'accroissement de la surface extérieure. Les couches internes sont transformées en calcite largement cristallisée.

A l'origine du groupe des formes inverses (fixées par la valve droite), les *Monopleura* ont conservé la couche externe costulée des *Diceras;* elle est toujours plus ou moins décomposée, tandis que les couches internes sont comme précédemment, en calcite largement cristallisée.

Dans les Caprinidés, la coupe que j'ai donnée, en 1933, de la *Caprina parvula* du Crétacé inférieur, montre une couche externe bien développée et nettement striée, tandis que les couches internes, y compris celles de la région des canaux, en dehors du muscle postérieur, sont comme dans les cas précédents transformées en calcite.

Dans le Cénomanien les cloisons et les canaux se développent; elles se compliquent dans les *Plagioptychus* de la craie supérieure; dans les *Caprinula* elles forment un véritable réseau, toujours dans cette même région marginale des couches internes, où le manteau était traversé par les filets nerveux, filets émis par le ganglion postérieur, plaqué sur le muscle postérieur. Je rappelle que c'est dans cette région que se déposait la couche blanche dans l'*Ostrea edulis*.

La couche externe s'est amincie, de sorte que la valve inférieure est presque entièrement constituée par les couches internes.

Hippurites. — J'ai fait voir que ce genre dérivait des Caprinidés; mais le développement change : la forme qui était spirale devient conique, et en même temps la couche externe, déjà bien diminuée dans les Caprines, disparaît complètement; les canaux rayonnants conservés dans la valve supérieure peuvent alors s'ouvrir directement au dehors, de là les *pores* si caractéristiques de ce genre. La valve inférieure, par suite de la disparition de la couche externe, se trouve entièrement formée par les couches internes; c'est la partie marginale de celles-ci, en dehors du muscle postérieur, qui forme le limbe; celui-ci se trouve ainsi correspondre à la couche blanche de l'*Ostrea edulis*. Du reste une coupe en lame mince montre qu'elle est précisément formée comme celle-ci de fines lamelles entrecroisées. On ne peut donc les considérer comme des couches externes, ainsi qu'on l'a fait d'habitude.

Une autre analogie à signaler, c'est la présence, au-dessous de la cavité centrale, de larges lacunes, entre les feuillets de la couche lamelleuse, reproduisant exactement les « chambres à eau » de l'*O. edulis*.

Les dents de la charnière et les apophytes musculaires sont comme toujours dans la dépendance des couches internes.

Radiolites. — Ils dérivent également des *Monopleura*, mais ici nous passons brusquement de la forme spiralée à la forme conique des *Agria*.

Nous avons vu que, dans ces conditions, la couche externe disparaissait dans les Hippurites, il en est de même ici, et la coquille des Radiolites n'est plus formée que des deux éléments, couches lamelleuses et couches blanches. Dans un grand nombre de gisements, ils accompagnent les Pycnodontes, comme eux ils doivent faire économie de matière et les couches blanches seront de même celluleuses. Les cloisons qui limitent les cellules, formées principalement par le refoulement des matières étrangères, sont normales aux couches, elles se prolongent d'un feuillet au suivant, et constituent ainsi des sortes de prismes polygonaux, ou plutôt de pseudoprismes qui sont vides et par conséquent bien différents des prismes pleins, constituant les couches externes des Aviculidés.

C'est cette structure que Cayeux a désignée comme cellulo-prismatique, désignation qui pourrait prêter à confusion, Carpenter ayant appelé « prismatic cellular » la couche prismatique des *Pinna*, ainsi qu'un réseau de l'*O. edulis*, qui ne peut provenir que de la couche brune; dans les deux cas les cellules en question sont pleines. Cayeux a figuré plusieurs

exemples de cette structure : dans *Eoradiolites* les cloisons minces très nettes se distinguent bien des couches lamelleuses d'épaisseur variable et toujours un peu floues; dans la coupe des Radiolites (empruntée à Zittel) les cellules sont vides et la couche transverse supérieure montre le réseau polygonal de la couche brune; les échantillons de *Durania Mortoni* du Tourtia de Tournay présentent exactement la même disposition; les lames transverses sont toujours très minces.

Dans ces Sauvagesiinés les prismes sont très courts et normaux au limbe; ils sont au contraire allongés et couchés sur le limbe dans les *Radiolites* (s. str.) et dans les *Sphérulites*, mais toujours croisés par des lames d'accroissement assez écartées, représentant les couches lamelleuses.

Comme nous venons de le voir, les couches pseudo-prismatiques si caractéristiques de ce groupe, correspondent aux couches blanches de l'*O. edulis*, ce sont donc des couches internes, et non des couches externes, comme on l'avait pensé jusqu'à présent.

M. **Léon Guillet** fait hommage à l'Académie des différents volumes donnant le compte rendu du *Congrès international des Mines, de la Métallurgie et de la Géologie appliquée*, qui s'est tenu à Paris en octobre 1935 et dont il était Président.

Il rappelle l'importance de ce Congrès, tant au point de vue des délégations étrangères qu'au point de vue des questions qui ont été traitées. Il tient aussi à indiquer que M. *Henry Le Chatelier* en était le Président d'honneur.

M. **Georges Perrier** fait hommage à l'Académie d'un volume publié par le Service géographique de l'Armée, intitulé *Rapport sur les travaux exécutés du 1er août 1914 au 31 décembre 1919.*

Ce volume pourrait fort justement être appelé *Rapport de guerre du Service géographique.* Il donne une idée de l'activité intense déployée par le Service à l'intérieur et sur tous les fronts au cours de la grande guerre.

Ce document, pour des raisons diverses, s'est fait longtemps attendre, et nous devons nous féliciter qu'il ait enfin paru.

L'ouvrage débute par une liste émouvante du personnel du Service géographique mort pour la France, personnel comptant au Service géographique au 2 août 1914 : 45 pertes, dont 22 officiers, personnel

ayant compté antérieurement au Service géographique : 40 pertes, dont 38 officiers. Total : 85 pertes, dont 60 officiers.

Depuis la mobilisation, le Service géographique a sans cesse étendu ses attributions et développé son organisation à la demande des multiples besoins qui se sont révélés successivement, adaptant rapidement son fonctionnement aux circonstances. C'est ainsi qu'ont été créés :

Aux Armées, les Groupes de Canevas de Tir; les Sections topographiques de Corps d'Armées et de Divisions, les Sections de repérage par le son, les Sections de recherche de renseignements par observations terrestres, les trains d'imprimerie, les cours spéciaux aux officiers orienteurs d'artillerie, etc.

A l'intérieur, le Bureau météorologique militaire, le Service des fabrications d'optique, etc.

On trouvera en annexe à l'ouvrage présenté une liste réellement imposante du personnel dont le dévouement a permis l'effort considérable fait pendant la guerre par le Service géographique de l'Armée : officiers de l'Armée active et officiers de complément de toutes armes, Ingénieurs Hydrographes de la Marine mis à la disposition du Ministère de la Guerre, etc.

N'oublions pas de citer particulièrement l'important et délicat Service des Sections de repérage où bon nombre de savants, dont quelques-uns des membres actuels de l'Académie, ont à la fois étudié au point de vue théorique les problèmes du repérage par le son et pratiquement commandé des Sections de repérage aux Armées.

Le général Perrier s'excuse de présenter ce volume qui fut rédigé au Service géographique sous la direction du général Bellot, directeur de ce Service, de 1919 à 1935. Cette présentation revenait au général Bourgeois, qui en fut le directeur et l'animateur pendant toute la guerre et auquel revient pour la plus large part l'honneur des services rendus par cet Établissement à la cause nationale. Mais le général Bourgeois, pour des raisons de modestie peut-être exagérées, n'a pas voulu s'en charger.

NOMINATIONS.

MM. **E. Leclainche** et **G. Moussu** sont désignés pour représenter l'Académie à la séance solennelle de l'*Académie vétérinaire de France*, le jeudi 3 décembre 1936.

MM. **R. Bourgeois**, **G. Perrier**, **Ch. Fabry** sont désignés pour représenter l'Académie au *Conseil international des Unions scientifiques*, le mardi 27 avril 1937 et jours suivants, à Londres, dans les locaux de la *Royal Society*.

COMMISSIONS.

Par la majorité absolue des suffrages, MM. **E. Borel**, **E. Jouguet**, pour la Division des Sciences mathématiques; MM. **F. Mesnil**, **M. Molliard**, pour la Division des Sciences physiques; MM. **P. Sabatier**, **L. Cuénot**, pour la Division des Membres non résidants, sont élus membres de la Commission qui, sous la présidence de M. le Président, présentera une liste de candidats à la place de Membre non résidant vacante par le décès de M. *Charles Nicolle*.

PRÉSENTATIONS.

Dans la formation d'une liste de deux candidats à une place de Membre titulaire du Bureau des Longitudes, pour la première ligne, M. *Ch. Maurain* obtient 44 suffrages contre 1 à M. *A. Lambert*; il y a 1 bulletin nul.

Pour la seconde ligne, M. *A. Lambert* obtient 35 suffrages; il y a 1 bulletin blanc et 1 bulletin nul.

En conséquence, la liste présentée à M. le Ministre de l'Éducation nationale comprendra :

En première ligne.............. M. **Charles Maurain**.
En seconde ligne.............. M. **Armand Lambert**.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

F. Bedeau. *Cours élémentaire de Télégraphie et de Téléphonie sans fil.* Préface de M. le général Ferrié. (Présenté par M. Ch. Fabry.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la théorie des équations non linéaires aux dérivées partielles*. Note [1] de M. **Raziuddin Siddiqi**.

En généralisant les résultats déjà obtenus [2], nous considérons l'équation non linéaire

(1) $$\frac{\partial}{\partial x}\left\{p(x)\frac{\partial u}{\partial x}\right\} - \frac{\partial u}{\partial t} = \sum_{r,s}^{1\ldots\infty} p_{r,s}(x,\,t)\,u^r\left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)^s$$

pour les conditions aux limites

(2) $$u(0,\,t) = u(\pi,\,t) = 0 \qquad \text{pour tous } t \text{ dans } 0 \leqq t < \infty,$$

(3) $$u(x,\,0) = f(x) \qquad \text{pour tous } x \text{ dans } 0 \leqq x \leqq \pi.$$

Nous supposons que la fonction donnée $f(x)$ peut être développée sous la forme $f(x) = \sum_n c_n\varphi_n(x)$, les $\varphi_n(x)$ étant les fonctions propres de Sturm-Liouville, et nous trouvons la solution $u(x,\,t)$ sous forme de série

(4) $$u(x,\,t) = \sum_n v_n(t)\,\varphi_n(x).$$

Nous avons ainsi

(5) $$p_{r,s}(x,\,t)\,u^r\left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)^s = \sum_n z_n(r,\,s;\,t)\,\varphi_n(x),$$

(6) $$z_n(r,\,s;\,t) = \sum_{k_1,\ldots,l_s}^{1\ldots\infty} b_n v_{k_1}(t)\ldots v_{l_s}(t), \qquad b_n = \int_0^\pi p_{r,s}\,\varphi_{k_1}\ldots\varphi_{k_r}\frac{d\varphi_{l_1}}{dx}\cdots\frac{d\varphi_{l_s}}{dx}\varphi_n\,dx.$$

Si nous substituons (4) et (5) à (1), nous trouvons

(7) $$-\sum_n \lambda_n v_n(t)\,\varphi_n(x) - \sum_n \frac{dv_n}{dt}\varphi_n(x) = \sum_n\sum_{r,s} z_n(r,\,s;\,t)\,\varphi_n(x).$$

Nous obtenons ainsi, pour tous les $n \geqq 1$,

(8) $$\frac{dv_n}{dt} + \lambda_n v_n(t) = -\sum_{r,s} z_n(r,\,s;\,t),$$

---

[1] Séance du 3 novembre 1936.

[2] *Math. Zeitschrift*, 35, 1932, p. 464; 40, 1935, p. 484.

dont la solution satisfaisant à $v_n(0)=c_n$ est

$$(9)\qquad v_n(t)=c_n e^{-\lambda_n t}-\int_0^t e^{-\lambda_n(t-y)}\sum_{r,s} z_n(r,s;y)\,dy.$$

En écrivant $\omega_n(t)=\lambda_n^{3/2}v_n(t)$, $\gamma_n=\lambda_n^{3/2}c_n$, nous obtenons de (9)

$$(10)\qquad \omega_n(t)=\gamma_n e^{-\lambda_n t}-\lambda_n^{\frac{3}{2}}\int_0^t e^{-\lambda_n(t-y)}\sum_{r,s}\sum_{k_1,\ldots,l_s}\frac{b_n}{(\lambda_{k_1}\ldots\lambda_{l_s})^{\frac{3}{2}}}\,\omega_{k_1}(y)\ldots\omega_{l_s}(y)\,dy.$$

Nous résolvons ce système par les approximations successives

$$(11)\qquad \begin{cases} \omega_n^{(0)}(t)=\gamma_n e^{-\lambda_n t} \\ \text{et, pour } m\geqq 1, \\ \omega_n^{m}(t)=\gamma_n e^{-\lambda_n t}-\lambda_n^{\frac{3}{2}}\displaystyle\int_0^t e^{-\lambda_n(t-y)}\sum_{r,s}\sum_{k_1,\ldots,l_s}\frac{b_n}{(\lambda_{k_1}\ldots\lambda_{l_s})^{\frac{3}{2}}}\,\omega_{k_1}^{(m-1)}(y)\ldots\omega_{l_s}^{(m-1)}(y)\,dy. \end{cases}$$

Tout d'abord nous montrerons que, pour les nombres entiers $k_1, \ldots, l_s$, la série $\sum_n \sqrt{\lambda_n}\,|\,b_n\,|/(\lambda_{k_1}\ldots\lambda_{l_s})^{3/2}$ est uniformément convergente.

Ensuite nous démontrerons que les séries

$$(12)\qquad \sum_n |\,\omega_n^{(m)}(t)\,|\quad (m=0,1,2,\ldots),\qquad \sum_{m=0}^{\infty}\sum_{n=1}^{\infty}|\,\omega_n^{(m+1)}(t)-\omega_n^{(m)}(t)\,|$$

sont aussi uniformément convergentes. Ceci montre que toutes les fonctions limites $\omega_n(t)=\lim_{m\to\infty}\omega_n^{(m)}(t)$ existent et que $\sum_n|\,\omega_n(t)\,|$ est uniformément convergent.

En supposant que le système (11) a une autre solution $\bar{\omega}_n(t)$, il peut être démontré que $\lim_{m\to\infty}\sum_{n=1}^{\infty}|\,\bar{\omega}_n(t)-\omega_n^{(m)}(t)\,|=0$, ce qui nous donne

$$\bar{\omega}_n(t)=\lim_{m\to\infty}\omega_n^{(m)}(t)=\omega_n(t)\qquad \text{pour tous } n\geqq 1 \text{ et pour tous les } t\geqq 0$$

et montre que les deux solutions sont identiques. Les coefficients $v_n(t)$ sont complètement déterminés et nous obtenons la solution cherchée du problème.

Si nous prenons un domaine non rectangulaire, limité par l'axe de x et les deux courbes $x=h_1(t)$, $x=h_2(t)$, nous trouvons qu'en prenant les

nouvelles variables x', t' donné par

$$x' = \pi \frac{x - h_1(t)}{h_2(t) - h_1(t)}, \qquad t' = \pi^2 \int_0^t \frac{dt}{\{h_2(t) - h_1(t)\}^2},$$

le problème peut être réduit à un domaine rectangulaire.

De même, si la condition aux limites (2) est remplacée par la condition mixte

$$u(0, t) = 0, \qquad \frac{\partial u}{\partial x}(\pi, t) = 0,$$

nous prolongeons la fonction dans l'intervalle $\pi \leqq x \leqq 2\pi$, conformément à la méthode des images et faisons dépendre le problème de celui considéré ci-dessus.

Nous remarquons finalement que la méthode est applicable aux équations d'ordre supérieur aussi bien qu'aux systèmes d'équations et aux équations en plusieurs variables indépendantes. J'ai développé une méthode analogue pour l'équation du type hyperbolique ([1]).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'approximation des fonctions périodiques par des polynomes trigonométriques.* Note ([2]) de M. **J. Favard**, présentée par M. Gaston Julia.

Soit $f(x)$ une fonction de période 2π admettant une dérivée d'ordre n, $f^{(n)}(x)$, sommable et bornée en module par M_n,

$$f(x) = a_0 + \sum_{k=1}^{\infty} (a_k \cos kx + b_k \sin kx).$$

En désignant par m un entier positif, on sait ([3]) que $f(x)$ est susceptible d'une représentation trigonométrique, d'ordre inférieur à m, avec une erreur ne dépassant pas

$$K(n) \frac{M_n}{m^n}. \tag{1}$$

([1]) *Proc. Cambridge Phil. Soc.*, 31, 1935, p. 195.

([2]) Séance du 23 novembre 1936.

([3]) Voir Ch. de La Vallée-Poussin, *Leçons sur l'approximation des fonctions d'une variable réelle*, Paris.

J'ai pu déterminer exactement la fonction $K(n)$ et j'ai trouvé

$$K(n)=\left(\frac{\pi}{2}\right)^n\frac{|E_n-C_n|}{n!}\qquad\left[\lim_{n\to\infty}K(n)=\frac{4}{\pi};\ K(n)\leqq K(1)=\frac{\pi}{2}\right].$$

Ainsi la meilleure approximation de $f(x)$ par un polynome trigonométrique d'ordre inférieur à m, ne dépasse pas la borne (1), mais cette borne est atteinte pour une fonction particulière. La méthode donne aussi un procédé régulier d'approximation conduisant à une erreur ne dépassant pas (1).

Considérons à présent un procédé régulier d'approximation, c'est-à-dire supposons données une suite de constantes :

$$\gamma_k^m \qquad (k=1, 2, \ldots, m-1;\ m=1, 2, \ldots)$$

et posons

$$\left|f(x)-a_0-\sum_{k=1}^{m-1}\gamma_k^m(a_k\cos kx+b_k\sin kx)\right|\leqq K_m^\gamma(n)\,M_n,$$

puis

$$A_k=(-1)^{\frac{(n-1)(n-2)}{2}}\frac{2.n!}{(2\pi k)^n}\gamma_k^m$$

et

$$\varphi_m^\gamma(z)=B_n(1-z)-\sum_{k=1}^{m-1}A_k\,{\sin \atop \cos}\,2\pi kz\qquad\left[{\sin\ (n\ \text{impair}) \atop \cos\ (n\ \text{pair})}\right].$$

La meilleure valeur de $K_m^\gamma(n)$, pour les fonctions de la classe considérée, est égale au minimum de l'intégrale

$$\frac{(2\pi)^n}{n!}\int_0^1|\varphi_m^\gamma(z)-A_0|\,dz$$

lorsque A_0 varie.

L'ordre de grandeur de ces constantes semble difficile à évaluer, même dans les cas simples des sommes de Fourier ou de Féjer et, jusqu'ici, je n'ai pu trouver mieux que les évaluations connues.

Lorsque $f^{(n)}(x)$ admet un module de continuité $\omega_n(\delta)$, on sait que $f(x)$ est susceptible d'une représentation trigonométrique d'ordre inférieur à m, avec une erreur ne dépassant pas

$$K_1(n)\frac{\omega_n\left(\frac{\pi}{m}\right)}{m^n}. \tag{2}$$

Théoriquement on peut déterminer exactement $K_1(n)$ et indiquer un

procédé régulier d'approximation conduisant à une erreur ne dépassant pas (2).

Il est aussi possible de donner l'expression la plus favorable de l'erreur pour un procédé d'approximation donné.

Enfin les problèmes analogues peuvent être résolus lorsqu'on suppose seulement sur la fonction $f(x)$ qu'elle admet un module de continuité donné, ou bien que $f^{(n)}(x)$ appartient à la classe $L^p(p > 1)$.

ÉQUATIONS DIFFÉRENTIELLES. — *Sur les solutions asymptotiques d'équations différentielles biologiques.* Note de M. **V. A. Kostitzin**, présentée par M. Jacques Hadamard.

M. A. Kolmogoroff [1] attire l'attention sur l'existence possible des solutions asymptotiques du système d'équations différentielles

$$x' = \varphi(x, y), \qquad y' = \psi(x, y). \tag{1}$$

Cette remarque avait déjà été faite par M. A. J. Lotka [2] qui le premier a étudié le système (1) dans ses rapports avec des problèmes biologiques, et d'ailleurs elle résulte immédiatement des recherches bien connues de H. Poincaré et de M. E. Picard. Dans la Note présente, je montre que cette particularité peut réellement avoir lieu dans des cas relativement simples. Considérons dans ce but le système suivant :

$$\left\{\begin{aligned} x' &= \varepsilon x - \lambda y - x(\alpha^2 x^2 + \beta^2 y^2), \\ y' &= \varepsilon y + \lambda x - y(\alpha^2 y^2 + \beta^2 x^2). \end{aligned}\right. \tag{2}$$

Ce système ne diffère des équations biologiques habituelles que par l'ordre des termes limitatifs, lequel est égal à 3 et non pas à 2; mais les relations entre les espèces ne se réduisent pas toujours à la concurrence dans le sens élémentaire du mot, et l'existence de termes d'ordre supérieur à 2 est fort possible.

Introduisons les coordonnées polaires (r, θ), ce qui donne

$$\left\{\begin{aligned} \frac{r'}{r} &= \varepsilon - r^2\left[\alpha^2\cos^2 2\theta + \frac{1}{2}(\beta^2 + \alpha^2)\sin^2 2\theta\right], \\ \theta' &= \lambda - \frac{r^2}{2}(\beta^2 - \alpha^2)\sin 2\theta\cos 2\theta. \end{aligned}\right. \tag{3}$$

---

[1] *Giorn. Ist. Ital. Att.*, 7, 1936, p. 74-80.

[2] *Elements of physical Biology*, Baltimore, 1925, p. 147-148.

Supposons le coefficient de multiplication ε positif. La courbe

$$(4)\qquad r'=0,\qquad r^2=\frac{\varepsilon}{\alpha^2\cos^2 2\theta+\frac{1}{2}(\beta^2+\alpha^2)\sin^2 2\theta}$$

est fermée, et le rayon-vecteur oscille entre $\sqrt{2\varepsilon/\beta^2+\alpha^2}$ et $\sqrt{\varepsilon}/\alpha$. A l'intérieur de cette courbe, r' est positif; à l'extérieur, r' est négatif. La courbe

$$(5)\qquad \theta'=0,\qquad r^2=\frac{2\lambda}{(\beta^2-\alpha^2)\sin 2\theta\cos 2\theta}$$

décompose le plan (r, θ) en deux régions où θ' a des signes différents. Une de ces régions est d'un seul tenant et a la forme d'une croix; l'autre comprend quatre domaines restant en dehors de cette croix.

Dans le cas de

$$(6)\qquad 8\lambda^2\alpha^2(\beta^2+\alpha^2)>\varepsilon^2(\beta^2-\alpha^2)^2,$$

la région de r' positif se trouve en entier dans la région cruciforme

$$r^2<\frac{2\lambda}{(\beta^2-\alpha^2)\sin 2\theta\cos 2\theta}.$$

Dans ces conditions, un état (x, y) se trouvant à l'intérieur de la courbe fermée (4) passe au bout d'un temps fini dans la région extérieure; de même, un état se trouvant à l'extérieur, passe au bout d'un temps fini à l'intérieur de la courbe (4). Il est facile de montrer que, pour t indéfiniment croissant, n'importe quelle courbe intégrale du système (2) s'approche de plus en plus d'une certaine courbe fermée limite, et le processus tend vers un état limite périodique.

Les équations (2) se prêtent à des transformations, à des déformations très larges sans que la nature asymptotique des solutions se perde.

Un cas analogue peut avoir lieu lorsque les coefficients vitaux des équations biologiques

$$x'=x(\varepsilon_1-h_{11}x-h_{12}y),\qquad y'=y(\varepsilon_2-h_{21}x-h_{22}y)$$

varient avec la région du plan (x, y). Dans ces conditions, le plan (x, y) se subdivise en régions où les relations entre les groupes (x, y) sont exprimées par des équations du même type mais avec des coefficients vitaux différents, et il peut arriver, comme résultat, l'établissement d'un régime tendant asymptotiquement vers un état périodique.

Dans chaque cas particulier, on peut apprécier numériquement la proba-

bilité de l'établissement d'un régime asymptotique. On a ainsi, avec les périodicités de relaxation, un type du périodomorphisme qui doit être assez fréquent dans la nature et qui contribue à l'ordonnement du chaos et à la réalisation locale des états rares.

HYDRODYNAMIQUE. — *Étude du frottement d'un solide en déplacement dans l'eau.* Note de M. **Edmond Brun**, présentée par M. Charles Fabry.

Pour poursuivre les études effectuées sur le frottement des solides en déplacement dans les fluides ([1]) en prenant, comme fluides, des liquides au lieu de gaz, le dispositif suivant a été réalisé : dans une grande cuve ($100^{cm} \times 100^{cm} \times 110^{cm}$), pleine d'eau, peut tourner, autour d'un axe vertical, un disque horizontal en ébonite (épaisseur, 1^{cm}; diamètre, 47^{cm}); la vitesse de rotation peut atteindre 20 tours/seconde. Nous avons mesuré, quand le disque est en rotation : 1° la différence de température permanente entre un point du disque et l'eau; 2° la puissance dissipée par le frottement du disque dans l'eau.

1° *Différence de température permanente entre le solide et l'eau.* — Sur la face supérieure du disque sont serties six petites pastilles de cuivre disposées sur une circonférence de $21^{cm},6$ de rayon; et sept autres pastilles identiques, sur une circonférence de $7^{cm},2$ de rayon; les pastilles affleurent bien à la surface du disque et ont une surface de contact, avec l'ébonite, la plus réduite possible; elles sont recouvertes d'une très mince couche de vernis destinée à les isoler électriquement de l'eau; elles servent de soudures à six thermocouples manganine-constantan permettant de mesurer, au cours de la rotation, la différence de température entre deux points du disque situés à des distances de l'axe respectivement égales à $21^{cm},6$ et $7^{cm},2$. Le courant thermoélectrique est amené, à partir de deux soudures centrales, par des fils de cuivre passant à l'intérieur de l'axe creux, à deux contacts tournants à mercure et, de là, à un galvanomètre sensible.

Quand le disque a pris une vitesse de régime, une différence de température constante ne tarde pas à s'établir entre les soudures périphériques et centrales. Elle est proportionnelle au carré de la vitesse de rotation, ce qui indique qu'un point du disque, animé de la vitesse v, présente, sur l'eau,

---

([1]) Brun et Vernotte, *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 594 et **195**, 1932, p. 302; Brun, *Ibid.*, **196**, 1933, p. 1960; **198**, 1934, p. 899; **198**, 1933, p. 1213 et **199**, 1934, p. 829; Brun et Le Cardonnel, *Ibid.*, **202**, 1936, p. 555.

une élévation de température θ égale à Kv^2. Quand la vitesse varie de 15 m/s à 25 m/s, la constance du rapport θ/v^2 est vérifiée à ± 2 pour 100 près. Le nombre K, calculé sans tenir compte de la vitesse radiale est égal à $11,1.10^{-4}$ degré/$(m/s)^2$, à la température de 12°. En tenant compte de cette vitesse, il doit être égal à $10,6.10^{-4}$, environ.

L'expression $K = \eta/2k$, dérivée d'une explication simple déjà exposée (*loc. cit.*), donne une valeur qui concorde d'une manière remarquable (11.10^{-4}, à 12°) avec la valeur expérimentale. Au contraire, la théorie de Polhausen donne un résultat trois fois plus petit.

2° *Énergie dissipée par le frottement du disque.* — Cette énergie se mesure avec une bonne précision en se servant de la cuve métallique (qui repose sur des supports en bois) comme d'un calorimètre. Par suite de la faible surface de refroidissement par unité de capacité thermique, la fuite thermique est faible et peut être aisément corrigée. Finalement, l'énergie peut être mesurée, à 1 ou 2 pour 100 près, aux diverses vitesses. De la valeur de l'énergie W, dissipée au bout de t secondes, il est possible de passer au couple C qui agit sur le disque (puisque $W = 2\pi n C t$, où n est le nombre de tours par seconde), et d'atteindre la valeur de ce couple avec une précision au moins égale à celle que permettent les mesures mécaniques.

Les mesures, effectuées pour des nombres de Reynolds ($N = \omega R^2/\nu$) compris entre 3.10^6 et 5.10^6, intéressent un domaine non encore exploré. Les valeurs du coefficient non dimensionnel $2C/\rho\omega^2 R^5$ se placent bien sur la courbe extrapolée de M. Riabouchinsky (¹); elles paraissent supérieures d'à peine quelques pour-cent aux valeurs que l'on déduirait de la courbe que nous avons déjà obtenue, dans le cas de l'air, pour des nombres de Reynolds plus petits (²). Nous trouvons là encore, dans le cas des rotations, qu'il est justifié de faire intervenir des considérations de similitude.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur certaines lois de gravitation correctives de la loi de Newton.* Note de M. **Jean Chazy**, présentée par M. Ernest Esclangon.

M. Hély (³) a esquissé une théorie de la gravitation et de l'électromagnétisme, dans laquelle le mouvement des planètes au voisinage

(¹) *Bulletin de l'Inst. Aérodyn. de Koutchino*, fasc. V, 1914, p. 1.
(²) Brun, *Publ. scientif. du Ministère de l'Air*, 63, 1935, p. 40.
(³) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1659 et 1903.

du Soleil est défini par les géodésiques du ds^2

$$ds^2 = \left(1 - \frac{2\mu}{c^2 r} - \frac{6\mu^2}{c^4 r^2}\right)(c^2\,dt^2 - d\sigma^2) = \mathrm{U}(c^2\,dt^2 - d\sigma^2),$$

où t désigne le temps, $d\sigma^2$ le carré de l'élément linéaire euclidien de l'espace, r la distance au centre du Soleil, μ le coefficient attractif képlérien de celui-ci, et enfin c la vitesse de la lumière considérée comme une constante. Au sujet de cette loi de gravitation je voudrais faire deux remarques.

1. Supposons le mouvement d'un point matériel P défini par les géodésiques d'un ds^2 *statique à quatre variables*, soit

$$ds^2 = \frac{dt^2}{\mathrm{U}_1} - d\sigma_1^2,$$

où t désigne le temps, $d\sigma_1^2$ un ds^2 formé avec trois coordonnées d'espace quelconques et U_1 une fonction de ces trois coordonnées. Selon une proposition présentant une certaine analogie de forme avec le principe de Maupertuis, les trajectoires du point P sont les géodésiques du ds^2 à trois variables

$$ds_1^2 = (\mathrm{U}_1 + h)\,d\sigma_1^2,$$

h désignant une constante arbitraire, négative si U_1 et ds^2 sont positifs; et, comme dans le principe de Maupertuis, la loi du mouvement sur chaque trajectoire est déterminée ensuite par une quadrature.

Par application de la proposition précédente, *les orbites des planètes autour du Soleil* sont définies, selon la loi de gravitation énoncée, par les géodésiques du ds^2

$$ds_1^2 = \left(\frac{1}{c^2\mathrm{U}} + h\right)\mathrm{U}\,d\sigma^2 = h\left(\mathrm{U} + \frac{1}{c^2 h}\right)d\sigma^2,$$

h désignant une constante négative arbitraire; par comparaison avec le principe de Maupertuis, on déduit que ces orbites *sont les mêmes que si chaque planète était soumise, par unité de masse, à une fonction dérivant* de la fonction $k\mathrm{U}$, k désignant une constante négative arbitraire, et en particulier *de la fonction*

$$-\frac{c^2}{2}\mathrm{U} \quad \text{ou} \quad \frac{\mu}{r} + \frac{3\mu^2}{c^2 r^2}.$$

La vérification est aisée. Prenons trois coordonnées cartésiennes rectangulaires x, y, z $\left(r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}\right)$: les mouvements considérés sont définis par la condition

$$\delta \int \sqrt{\mathrm{U}(c^2 - x'^2 - y'^2 - z'^2)}\,dt = \delta \int f\,dt = 0,$$

où l'on figure par des accents les dérivations par rapport au temps t. Or les trois équations d'Euler relatives aux trois fonctions x, y, z admettent, puisque f ne dépend pas explicitement de t, l'intégrale

$$f - \mathrm{S}x' \frac{\partial f}{\partial x'} = \sqrt{\mathrm{U}} \left(\sqrt{c^2 - x'^2 - y'^2 - z'^2} + \frac{x'^2 + y'^2 + z'^2}{\sqrt{c^2 - x'^2 - y'^2 - z'^2}} \right)$$
$$= \frac{\sqrt{\mathrm{U}}\, c^2}{\sqrt{c^2 - x'^2 - y'^2 - z'^2}} = \frac{c^2}{\sqrt{-2k}},$$

k désignant une constante négative arbitraire. L'équation d'Euler relative à la fonction x est

$$\frac{d}{dt}\left(\sqrt{\mathrm{U}} \frac{-x'}{\sqrt{c^2 - x'^2 - y'^2 - z'^2}} \right) = \frac{\partial \mathrm{U}}{\partial x} \frac{\sqrt{c^2 - x'^2 - y'^2 - z'^2}}{2\sqrt{\mathrm{U}}};$$

et, compte tenu de l'intégrale qui précède, les trois équations d'Euler peuvent s'écrire

$$x'' = k\frac{\partial \mathrm{U}}{\partial x}, \qquad y'' = k\frac{\partial \mathrm{U}}{\partial y}, \qquad z'' = k\frac{\partial \mathrm{U}}{\partial z}.$$

Par conséquent, si l'on élimine le temps entre ces trois équations, la constante k se trouve éliminée par là-même : les trajectoires du point x, y, z sont les mêmes que s'il était soumis, par unité de masse, à une force dérivant de la fonction $k\mathrm{U}$.

2. Par suite, dans le mouvement des planètes autour du Soleil, pour appliquer la loi proposée, on peut ajouter à l'attraction newtonienne $-\mu/r^2$ l'attraction variant en raison inverse du cube de la distance $-6\mu^2/c^2r^3$. Une telle correction donne une avance des périhélies par rapport à la théorie newtonienne égale par révolution à $6\pi\mu/c^2a(1-e^2)$, $2a$ désignant la longueur du grand axe et e l'excentricité de l'orbite. La valeur obtenue explique parfaitement, dans l'état actuel des observations et des calculs, l'avance observée du périhélie de Mercure, voisine de $43''$ par siècle, sans introduire de perturbation dans les mouvements des périhélies des autres planètes ni des périastres des satellites. Et d'ailleurs cette avance des périhélies exprime pour ainsi dire tout le contenu vérifiable de la loi de gravitation considérée.

Mais, sous la dernière forme cette loi a été souvent proposée [1], parmi une infinité de lois correctives dépendant de constantes arbitraires, et qui

[1] *Comptes rendus*, 176, 1923, p. 285 et 666.

expliquent de même l'avance du périhélie de Mercure. Toutefois, parmi ces lois, elle est la plus simple, ou l'une des plus simples; et il serait intéressant qu'une origine nouvelle qui lui serait donnée, ou que la théorie électromagnétique connexe, apportât en faveur de cette loi connue un argument nouveau.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur le spectre de la Nova Lacertæ observé à la Grande Lunette de Meudon.* Note de M. **Henri Camichel**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Dans cette Note j'expose les résultats d'une première étude des spectres de la Nova Lacertæ que j'ai obtenus avec le spectrographe de la Grande Lunette de Meudon déjà utilisé pour la N. Herculis ([1]). Les clichés ont été pris du 19 juin au 9 juillet; ils donnent le spectre depuis H_α jusqu'à H_β, par suite du spectre secondaire de l'objectif la région voisine de H_β est souvent sous-exposée. J'ai mesuré la position des raies sur les enregistrements obtenus au microphotomètre Moll. Les spectres présentent, comme il est habituel pour les Novæ, une rapide variation au moment du maximum. Ils ont tous cependant un caractère commun, c'est la présence des deux raies D_1 et D_2 du sodium interstellaire. Elles sont fines, leur position est bien constante, leur longueur d'onde moyenne est : 5896,0 Å pour D_1 et 5889,9 Å pour D_2, ce qui donne des déplacements de +0,1 et −0,1 Å.

Le contour des raies H_α et H_β a varié de la façon suivante : Avant le maximum H_α est visible en émission à sa place normale, il est bordé vers le violet par sa raie d'absorption large et intense décalée de 26,8 Å le 19 et de 27,7 le 20, ce qui correspond à des vitesses d'approche de 1225 et 1265 km/sec. Après le maximum cette raie d'absorption disparaît et la raie d'émission se modifie. Du 23 au 29 elle a un maximum d'intensité déplacé vers le violet de 12 à 13 Å. Un second maximum à 12 Å vers le rouge apparaît vers le 26 et à partir du 29 celui-ci subsiste seul. La raie d'émission H_β présente une évolution tout à fait analogue, les déplacements qui sont de ± 8 à 10 Å correspondent à la même vitesse.

Dans la phase précédant le maximum le spectre est traversé de raies d'absorption nombreuses et pour la plupart fines, les seules raies larges

([1]) *Comptes rendus,* 202, 1936, p. 286.

sont H_α et $D_1 D_2$ presque confondues. Mes clichés ne montrent pas de raies d'émission certaines, H_α excepté.

Le premier tableau indique les raies d'absorption dans cette période :

19 juin.			20 juin.			Identification.		
λ.	Δλ.	Δλ/λ.	λ.	Δλ.	Δλ/λ.	λ.	λ moyen.	
6516,7	–	–	6512,2	–	–	?		
6430,7	–24,1	37,3	6425,1	–29,7	46,0	6456,1 6454,6 6453,7	6454,8	OI
6452,3	–	–	–	–	–	?		
6324,2	–22,9	36,1	6318,2	–28,9	45,5	6347,1		Si II ?
6281,8	–20,2	32,1	6278,4	–23,6	37,5	6302,5 6301,5	6302,0	Fe I
6132,8	–24,2	39,4	6129,4	–27,6	44,9	6158,2 6156,8 6156,0	6157,0	OI
–	–	–	5868,3	–27,6		5895,9 D_1		Na I
–	–	–	5863,6	–26,4		5890,0 D_2		
5297,5	(–32,3)	–	5303,2	–26,6	49,9	5330,7 5329,6 5329,0	5329,8	OI
5254,7	–20,4	38,8	5248,8	–26,3	49,9	5275,1		OI
5215,5	–19,1	36,5	5211,5	–23,1	44,2	5231,6		Fe II
5149,6	–19,5	37,3	5144,4	–24,7	47,8	5169,1		Fe II

Dans la seconde phase les raies d'absorption précédentes ont disparu. Les raies d'émission ont l'aspect de larges bandes aux bords mal définis; elles ne sont généralement pas bordées de leur raie d'absorption du côté violet. La seule raie d'absorption dont la présence soit certaine sur mes clichés est à 5850 Å; elle peut être attribuée soit à la raie D_3 de l'hélium, soit à la raie double $D_1 D_2$ du sodium; les déplacements correspondants sont 25,6 Å et 43 Å (1300 km/sec et 2650 km/sec). En émission il n'y a pas trace de D_3, mais $D_1 D_2$ semblent présents. Le 9 juillet la Nova approche de la phase nébulaire, la plus grande partie de la lumière est émise par $H\alpha$; bien que le cliché soit surexposé pour cette raie le fond continu n'est pas venu et il n'y a pas trace des raies vertes du nébulium.

Le second tableau indique les principales raies d'émission de la deuxième période :

λ.	Largeur de la bande.			Identification et remarques.
6450......	40	6456,1 6454,6 6453,7	6454,8	OI
6240......	40	6247,6		FeII
6150......	30	6158,2 6156,8 6156,0	6157,0	OI ou {6147,7 / 6149,3} 6148,5 FeII
5751......	31	5754,8		NII raie interdite n'est visible que le 7 juillet.
5700......	60	–		Sans doute mélange de plusieurs raies
5530......	30	5530,3 5535,4 5543,5	5535,4	NII
5315......	40	5316,6		FeII
5170......	20	5169,1		FeII } même multiplet $a^6S - z^6P^0$
5018......	30	5018,5		FeII } même multiplet $a^6S - z^6P^0$
4920......	30	4923,9		FeII } même multiplet $a^6S - z^6P^0$

Le milieu des bandes paraît déplacé de quelques angströms vers le violet au début, ensuite il tend à revenir à sa place normale. Les valeurs ci-dessus sont des valeurs moyennes.

Tous ces résultats sont, dans leur ensemble, en accord avec ce que l'on savait déjà des Novæ; mais, malgré leurs caractères communs, ces astres ont chacun des particularités assez tranchées. La N. Lacertæ est d'un type nettement différent de celui de la N. Herculis : sa courbe de lumière est du type à évolution rapide, ses raies d'émission sont larges et mal définies, elle présente les raies du sodium interstellaire. Je n'en avais pas trouvé trace sur la N. Herculis; leur intensité exceptionnelle sur la N. Lacertæ est due probablement à une plus grande distance et à sa latitude galactique plus basse.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Le repérage spatio-temporel de positions et les relations d'incertitude dans la mécanique quantique quaternionienne.* Note de M. **Bernard Kwal**, présentée par M. Louis de Broglie.

La mécanique quantique relativiste, qui est une mécanique des matrices quaternionienne ([1]), conduit pour les quadrivecteurs, *position dans l'espace-*

([1]) B. Kwal, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 983-984.

temps $\mathbf{X}(X_1, X_2, X_3, ict)$ et *quantité de mouvement-énergie*

$$\mathbf{P}(mv_1, mv_2, mv_3, imc),$$

aux relations d'incertitude qui s'écrivent au moyen des quaternions de la manière suivante :

$$\Delta\overline{\mathbf{P}}\,\Delta\mathbf{X} = \hbar \tag{1}$$

ou, en explicitant le produit quaternionien,

$$\left\{\begin{array}{l} i(\Delta P_0\,\Delta X_1 - \Delta P_1 c\,\Delta t) + (-\Delta P_2\,\Delta X_3 + \Delta P_3\,\Delta X_2) = 0, \\ i(\Delta P_0\,\Delta X_2 - \Delta P_2 c\,\Delta t) + (-\Delta P_3\,\Delta X_1 + \Delta P_1\,\Delta X_3) = 0, \\ i(\Delta P_0\,\Delta X_3 - \Delta P_3 c\,\Delta t) + (-\Delta P_1\,\Delta X_2 + \Delta P_2\,\Delta X_1) = 0, \\ -\Delta P_0 c\,\Delta t + \Delta P_1\,\Delta X_1 + \Delta P_2\,\Delta X_2 + \Delta P_3\,\Delta X_3 = \hbar. \end{array}\right. \tag{1'}$$

Ces relations, qui ont une variance relativiste correcte, doivent être substituées à la place des relations bien connues de Heisenberg. Quelle est la signification de ces nouvelles relations ? Les trois premières indiquent simplement que le quadrivecteur $\Delta\mathbf{X}$, incertitude sur la position, a la même direction dans l'espace-temps que le quadrivecteur $\Delta\mathbf{P}$, incertitude sur la quantité de mouvement énergie. La dernière relation nous dit alors que le module $|\Delta\mathbf{X}| = \sqrt{(\Delta X_1)^2 + (\Delta X_2)^2 + (\Delta X_3)^2 - C^2(\Delta t)^2}$ et le module $|\Delta\mathbf{P}| = \sqrt{(\Delta P_1)^2 + (\Delta P_2)^2 + (\Delta P_3)^2 - (\Delta P_0)^2}$ sont liés par la relation

$$|\Delta\mathbf{X}|\,|\Delta\mathbf{P}| = \hbar. \tag{2}$$

Lorsqu'une mesure physique porte sur l'une des coordonnées seulement, ainsi que sur le moment conjugué correspondant, on retombe sur les relations de Heisenberg. Toutefois, lorsqu'il s'agit d'une mesure qui porte à la fois sur plusieurs coordonnées et sur leurs moments conjugués, ce sont les relations (1) que l'on doit envisager. Ce dernier cas se présente évidemment en physique relativiste, où la séparation de l'espace et du temps n'est pas possible, où la transmission des résultats d'observation, d'un référentiel à un autre, exige que l'on connaisse à la fois la position dans l'espace et dans le temps de l'évènement observé. Les exemples des mesures idéales, que l'on donne pour vérifier l'exactitude des relations d'incertitude, sont basés uniquement sur la mesure d'une seule coordonnée. Leur généralisation spatiotemporelle est possible et conduit précisément aux relations (1). Ainsi, dans le cas du microscope à rayons γ, peut-on remarquer, en introduisant l'angle α que fait la direction du photon diffusé avec l'incertitude Δx résul-

tant du pouvoir réparateur fini du microscope, que l'on a

(3) $$\Delta X \frac{\nu}{c} \cos\alpha = \frac{1}{2},$$

qui n'est autre que l'expression tronquée du produit scalaire de $\mathbf{\Delta X}$ par le quadrivecteur onde $\nu(\nu/c\alpha, \nu/c\beta, \nu/c\gamma, i\nu)$ du photon diffusé.

La généralisation relativiste de la relation (3) est donc

(4) $$\bar{\nu}\,\mathbf{\Delta X} = \frac{1}{2}.$$

L'intervention de l'effet Compton se traduit par une incertitude $\mathbf{\Delta P}$ sur la grandeur de la quantité de mouvement-énergie $\mathbf{P}$, incertitude qui est reliée au quadrivecteur onde du photon diffusé par la formule quantique

(5) $$\mathbf{\Delta P} = 2\,h\nu.$$

De (4) et (5) résulte bien la relation (1).

Une démonstration plus rigoureuse des relations (4) peut se faire à partir de la forme relativiste du principe de Huyghens.

PHYSIQUE APPLIQUÉE. — *Sur une expression empirique nouvelle du volume spécifique de la vapeur d'eau surchauffée.* Note de M. **Philippe Tongas**, présentée par M. Charles Fabry.

Il n'existe pas, à notre connaissance, de formule simple donnant avec précision, dans des limites étendues, le volume spécifique v de la vapeur d'eau surchauffée en fonction de sa pression absolue p et de sa température absolue T. De plus, aucune expression empirique de ce volume, simple ou non, n'a été établie, croyons-nous, à partir des résultats expérimentaux récemment adoptés par la Conférence Internationale des Tables de la Vapeur d'eau. C'est ce que nous avons cherché à faire, en nous basant sur la table réduite publiée (1) après la troisième réunion de cette Conférence (New-York, 1934).

Établissement de la formule. — Pour tous les états considérés, nous avons calculé le volume V qui serait celui de la vapeur d'eau si elle se comportait en gaz parfait. En retranchant de V le volume réel v de la vapeur, nous avons obtenu la correction Δv à appliquer dans chaque cas à V pour

(1) Voir, par exemple, *The Engineer*, 160, n° 4160, 1935, p. 353.

Tableau I.

p (Kg:cm²) \ $t°$	100°	150°	200°	250°	300°	350°	400°	450°	500°	550°
1	1,685 1,730 0,001	1,972 1,975 0,002	2,215 2,216 0,002	2,454 2,454 0,002	2,691 2,691 0,003	2,927 2,928 0,003	3,164 3,164 0,003	3,400 3,400 0,003	3,636 3,636 0,004	3,872 3,872 0,004
5			0,4336 0,4338 0,0004	0,4841 0,4841 0,0005	0,5332 0,5332 0,0005	0,5815 0,5816 0,0006	0,6295 0,6296 0,0006	0,6772 0,6774 0,0007	0,7249 0,7250 0,0007	0,7724 0,7725 0,0008
10			0,2100 0,2104 0,0002	0,2377 0,2376 0,0002	0,2633 0,2633 0,0003	0,2881 0,2882 0,0003	0,3127 0,3127 0,0003	0,3369 0,3370 0,0003	0,3611 0,3611 0,0004	0,3850 0,3851 0,0004
25				0,0890 0,0890 0,0001	0,1011 0,1011 0,0001	0,1121 0,1121 0,0001	0,1225 0,1226 0,0001	0,1327 0,1327 0,0001	0,1427 0,1427 0,0001	0,1526 0,1526 0,0002
50					0,04642 0,04641 0,00007	0,05313 0,05312 0,00008	0,05904 0,05905 0,00009	0,06457 0,06460 0,00009	0,06989 0,06992 0,00010	0,07509 0,07510 0,00012
75					0,02747 0,02748 0,00005	0,03323 0,03322 0,00007	0,03777 0,03778 0,00008	0,04181 0,04183 0,00008	0,04560 0,04562 0,00009	0,04924 0,04925 0,00010
100						0,02305 0,02303 0,00005	0,02705 0,02705 0,00005	0,03039 0,03041 0,0006	0,03345 0,03345 0,00007	0,03631 0,03632 0,00007
125						0,01673 0,01666 0,00003	0,02054 0,02053 0,00004	0,02351 0,02352 0,00005	0,02612 0,02614 0,00005	0,02856 0,02855 0,00006
150						0,01230 0,01198 0,00002	0,01613 0,01610 0,00003	0,01889 0,01890 0,00004	0,02125 0,02125 0,00004	0,02337 0,02336 0,00005
200							0,01044 0,01031 0,00002	0,01307 0,01305 0,00003	0,01511 0,01511 0,00003	0,01687 0,01687 0,00003
250							0,00677 0,006366 0,000013	0,00948 0,00946 0,00002	0,01138 0,01139 0,00002	0,01297 0,01296 0,00003
300							0,00407 0,00302 0,00001	0,00701 0,00698 0,00002	0,00888 0,00890 0,00002	0,01034 0,01035 0,00002

I. Dans chaque case du tableau :
Le 1er nombre indiqué est la valeur du volume spécifique fournie par la formule de Mr TONGAS.
Le 2e est la valeur la plus probable de ce volume, adoptée par la Conférence internationale des tables de la Vapeur d'Eau en 1934.
Le 3e est l'approximation admise (±)

II. Le volume spécifique est exprimé en m³:Kg comme dans la formule.
La pression est exprimée en Kg:cm² et la température indiquée est la température ordinaire t, comme dans la table réduite utilisée. Dans la formule, au contraire, on a adopté la température absolue T et exprimé la pression en Kg:m² pour se conformer aux usages suivis dans les expressions analogues.

obtenir v. Cette correction peut être représentée, avec la même approximation que celle qui est admise sur v, par une fonction homographique de p dont les coefficients sont des fonctions exponentielles de T. La pression absolue p étant exprimée en kg : m² et la température absolue T en degrés centigrades, le volume v exprimé en m³ : kg peut s'écrire :

$$v = V - \Delta v = 47{,}07\,\frac{T}{p} - \frac{10^{(0{,}00292.T-1{,}455)}}{10^{(0{,}00439.T-0{,}0345)} - 33 - \frac{p}{10^4}},$$

expression qui tend vers l'équation des gaz parfaits quand T tend vers l'infini.

Résultats obtenus. — L'emploi de cette formule assez simple permet de dresser le Tableau I au sujet duquel on peut faire les remarques suivantes :

1° Soixante-trois des valeurs calculées sur soixante-douze, soit 87,5 pour 100, s'écartent de la valeur la plus probable du volume v d'une quantité au plus égale à l'approximation admise; vingt-deux d'entre elles, soit 30,6 pour 100 des cas examinés, donnent même exactement la valeur a plus probable.

2° Neuf des valeurs calculées dépassent l'approximation admise; les cases correspondantes (encadrées) sont placées au bord du Tableau I à gauche et représentent des états voisins de la saturation; dans sept de ces cas, les écarts (Tableau II) paraissent encore pratiquement admissibles; seuls, deux cas, assez voisins du point critique de la vapeur, accusent des écarts dont l'un surtout est considérable.

Tableau II.

Etat de la vapeur										
	p Kg:cm²	1	1	10	125	150	200	250	300	300
	$t°$	100°	150°	200°	350°	350°	400°	400°	400°	450°
v Volume, calculé		1,685	1,972	0,2100	0,01673	0,01230	0,01044	0,00677	0,00407	0,00701
Ecart en % par rapport à	la valeur la plus probable	2,60 %	0,15 %	0,19 %	0,42 %	2,67 %	1,26 %	6,34 %	34,80 %	0,43 %
	la valeur extrême la plus favorable	2,54 %	0,05 %	0,10 %	0,24 %	2,50 %	1,06 %	6,14 %	34,30 %	0,14 %

Abstraction faite de cette anomalie, la formule proposée fournit donc, avec une précision très grande pour 90 pour 100 des cas considérés dans la table réduite et encore satisfaisante pour les autres, le volume spécifique de la vapeur d'eau surchauffée.

ACOUSTIQUE. — *Sur un nouvel instrument de musique à cordes, le* violon-basse. Note de M. **David Raïsky**, présentée par M. Aimé Cotton.

But poursuivi. — Réaliser un instrument sonnant au diapason du violoncelle, mais de dimensions réduites et se jouant comme le violon et l'alto, afin de permettre aux violonistes de tenir la partie *basse* dans un orchestre d'amateurs, où souvent le violoncelliste fait défaut.

Cet instrument a la même longueur que l'alto (partie vibrante de la corde 375^{mm}), il est un peu plus large et sa hauteur d'éclisse surélevée, ce

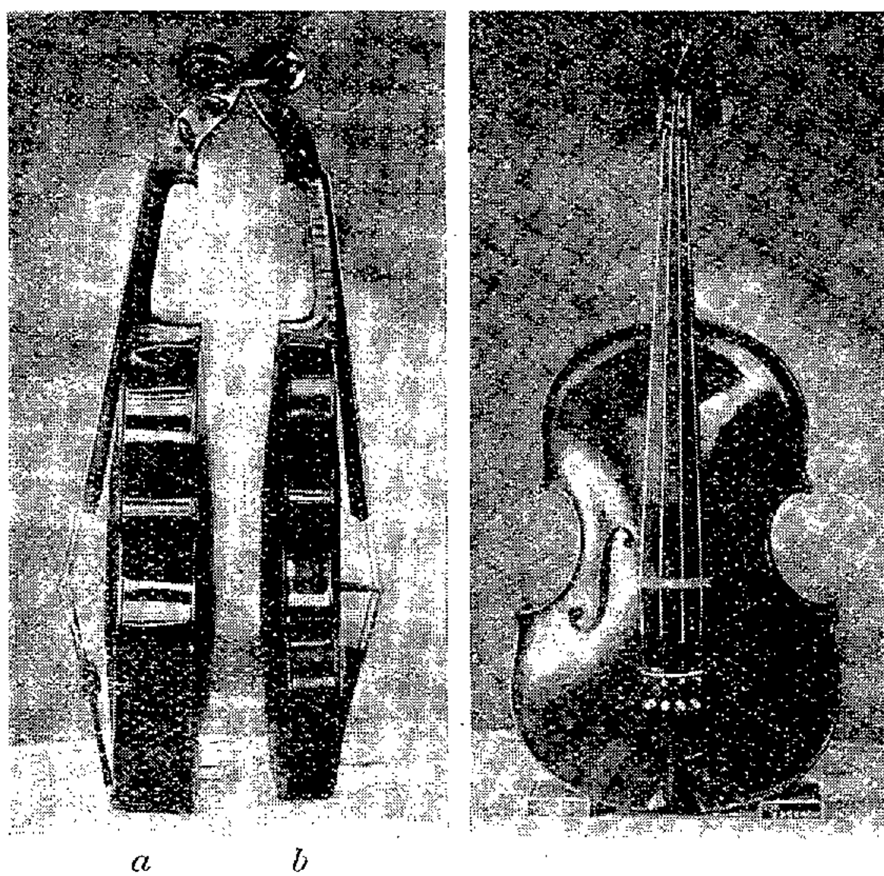


Fig. 1. Fig. 2.

Fig. 1. — Le *violon-basse* (*a*) dos-à-dos avec un alto normal (*b*).
Fig. 2. — Le *violon-basse* de face.

qui donne à sa caisse de résonance un volume environ égal aux 45/16 de celui de l'alto.

Difficultés à vaincre. — Obtenir des sons graves et musicaux avec des cordes relativement courtes ($Ut_1 = 64$ F.; $Sol_1 = 96$ F.).

Moyens employés. — D'après la formule de Lagrange, on peut obtenir telle fréquence souhaitée par la modification des quatre facteurs variables : longueur, diamètre, tension et densité de la corde.

Premier facteur. — Dans notre cas la longueur est fixe.

Deuxième facteur. — Le diamètre ne peut varier qu'entre des limites

assez étroites. Il doit être assez grand pour obtenir une basse fréquence et assez réduit pour que le son reste musical.

Troisième facteur. — La tension ne peut évoluer, elle aussi, qu'entre des limites assez rapprochées; trop élevée elle risque de compromettre la résistance de l'instrument et la corde ne répond pas sous l'archet; trop faible, le son résultant n'est pas musical ni bien audible.

Quatrième facteur. — La densité doit être obligatoirement élevée (le platine, l'or et le tungstène sont particulièrement indiqués).

En recherchant une combinaison convenable des trois derniers facteurs, on s'aperçoit vite que le problème est insoluble avec une corde homogène (boyau, soie ou métal). Force est alors de recourir à l'artifice de la corde filée, où l'âme seule supporte la tension.

Ces cordes existent d'ailleurs, mais ne descendent pas au-dessous de l'ut_2 qui est celui de l'alto.

Il fallait donc agir concurremment sur les trois facteurs variables, ce qui n'est pas aussi facile que la théorie pourrait le faire supposer; j'ai dû surmonter beaucoup de difficultés matérielles avant d'obtenir à la fois les diverses qualités que je désirais associer dans l'instrument nouveau : la musicalité, la puissance, l'homogénéité du jeu des quatre cordes, la souplesse, la docilité sous l'archet et sous la pression des doigts, la justesse des quintes, l'élimination des harmoniques nuisibles, etc.

ATOMISTIQUE. — *Sur une théorie géométrique de la matière.*

Note de M. **Georges Fournier**, présentée par M. Paul Langevin.

Les grains de matière constituant les noyaux atomiques, tels que les mettent en évidence les expériences récentes de microphysique, ne semblent pas avoir de dimensions spatiales définies : leur diamètre de choc, par exemple, varie suivant le projectile utilisé pour les bombarder. Mais, en dehors de toute expérimentation, ces grains subissent constamment l'action gravifique et électrique de leurs voisins. Du point de vue de cette interaction, le *domaine* spatial d'un grain n'est limité que par les domaines des grains voisins : *par leurs propriétés d'action mutuelle, les grains de matière remplissent l'espace.*

La solution, purement géométrique, du problème du remplissage de l'espace, doit donc nous renseigner sur la constitution des noyaux atomiques, de même qu'elle intervient à une autre échelle en cristallographie.

Nous avons provisoirement limité cette étude à l'espace euclidien à trois dimensions.

L'étude du remplissage de l'espace conduit tout d'abord à l'étude complète des polyèdres réguliers convexes. Il s'agit ensuite de savoir si l'on peut *paver* l'espace avec de tels solides. Nous avons constaté que, seuls, deux types d'empilement le permettent : l'empilement de *cubes*, et l'association *octaèdre-tétraèdre*. En réalité ces deux types sont confondus, car dans le second les centres des tétraèdres forment un réseau cubique centré, les centres des cubes étant alternativement sommets communs et centres d'octaèdres.

En remarquant que le volume de l'octaèdre est quatre fois celui du tétraèdre, on est amené à choisir l'octaèdre comme domaine de l'hélion (ou particule α), de masse 4, et le tétraèdre comme domaine du neutron ou du proton, tous deux de masse 1. Au niveau géométrique de position d'un polyèdre, caractérisé par la distance de son centre au centre général de la *morula*, nous faisons correspondre le niveau énergétique du grain de matière dont il est le domaine. Ayant en outre calculé le nombre de positions équivalentes possibles dans chaque niveau, nous avons constaté que :

1° Tous les noyaux atomiques existants peuvent être représentés par des empilements d'octaèdres et de tétraèdres.

2° Les types d'empilement les plus simples et les plus symétriques, ceux qui comportent des couches ou niveaux complets, représentent les noyaux les plus stables et les plus abondants : douze d'entre eux, à eux seuls, représentent numériquement 99 pour 100 des atomes existant dans la croûte terrestre. La proportion est encore plus grande dans la matière stellaire en général.

3° Un noyau sera particulièrement stable et abondant s'il possède la symétrie électrique en plus de la symétrie géométrique, c'est-à-dire si parmi les tétraèdres empilés en couches complètes, ceux qui représentent des protons forment eux-mêmes des couches complètes.

4° Il peut exister, pour un même atome, des *isomères nucléaires* différant par les nombres d'octaèdres et de tétraèdres entrant en jeu.

5° Si deux noyaux diffèrent seulement par la *position* des polyèdres qui les composent, nous avons seulement affaire à deux états énergétiques différents du même noyau. Si, par exemple, pour un noyau radioactif nous trouvons plusieurs niveaux octaédriques possédant des places vides, le départ d'une particule α pourra éventuellement déplacer une autre particule α de son niveau normal sur l'un des niveaux présentant des cases

libres, et laisser ainsi l'atome dans un état *excité*. En fait, le nombre de niveaux polyédriques possibles pour les empilements correspondant aux noyaux radioactifs correspond bien au nombre de raies de structure fine découvertes par Rosenblum (¹) dans les spectres de rayon α.

6° Géométriquement, les carrés des distances des centres des polyèdres au centre du noyau sont en progression arithmétique (si l'on considère séparément les octaèdres et les tétraèdres). Si l'on rapproche ce fait des résultats expérimentaux de Rosenblum montrant l'équidistance des niveaux énergétiques révélés par la structure fine, et de ceux de Chadwick et Constable (²) montrant l'équidistance énergétique des niveaux protoniques de résonance pour l'aluminium, par exemple, on est amené à penser que l'énergie caractéristique d'un niveau fait intervenir le carré de sa distance au centre du noyau, et que par conséquent la loi de force à l'intérieur du noyau fait intervenir le *cube* de cette distance.

ÉLECTRICITÉ ET HYDRODYNAMIQUE. — *Tourbillons électroconvectifs*. Note de MM. **Douchan Avsec** et **Michel Luntz**, présentée par M. Henri Villat.

Nous venons d'observer un nouveau phénomène qui relie directement l'électricité et l'hydrodynamique.

Il est nécessaire d'exposer d'abord l'origine de nos recherches.

L'hydrodynamique connaît un grand nombre de formations tourbillonnaires régulières, dues à des instabilités provoquées par le fait que des particules voisines du fluide, sont sollicitées par des forces de sens opposés.

Prenons un exemple concret, celui des tourbillons cellulaires de H. Bénard (³). On chauffe par en dessous une nappe de liquide. Les couches froides de la nappe se trouvent ainsi au-dessus des couches dilatées par la chaleur. Une perturbation quelconque déclenche alors un mouvement qui permet aux parties chaudes du liquide de s'élever au-dessus des parties froides. Mais cet échange de positions nécessite une organisation particulière du mouvement. En effet, il est impossible d'admettre le passage du liquide chaud à travers le liquide froid, car les forces

(¹) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 967

(²) *Proc. Roy. Soc. London*, 135, 1932, p. 48.

(³) *Thèse de doctorat ès sciences*, Paris, 1901.

de viscosité qui en résulteraient freineraient le mouvement et le rendraient impossible.

Il se produit donc un fractionnement de la nappe en compartiments polygonaux contigus, constitués chacun par un tourbillon unique. La montée du liquide s'effectuerait, par exemple, au centre du compartiment, la descente le long de la périphérie.

D'autres exemples du même type de mouvement sont fournis par les tourbillons toriques produits entre deux cylindres tournants par G. I. Taylor (1); les tourbillons en bandes qui se produisent dans une nappe fluide chauffée par en dessous et animée d'un mouvement de translation par rapport aux parois, étudiés par Bénard, Idrac, Terada (2); enfin les tourbillons dans une nappe de liquide visqueux autour d'un cylindre vertical tournant de M. Luntz et P. Schwarz (3).

Nous avons pensé que la présence des courants de convection électrique entre deux surfaces de potentiel, donnant lieu aux forces du même genre, devrait produire des formations tourbillonnaires analogues. Un fait surtout a retenu notre attention : la formation des tourbillons en bandes, que l'un de nous étudia récemment (4), devient très instable dans des couches d'air atteignant une dizaine de centimètres d'épaisseur. Or la nature connaît des formations nuageuses, cinématiquement semblables et qui peuvent avoir des centaines de mètres d'épaisseur et que l'on attribue aux tourbillons en bandes d'origine thermique. Cette contradiction entre les expériences de laboratoire et les phénomènes naturels nous suggéra de rechercher l'explication de la formation des rouleaux des nuages dans la présence des champs électrostatiques et des courants de convection qui en résultent. Nous ne savons pas si cette hypothèse est correcte. Mais en provoquant des *courants électroconvectifs* dans l'huile, par exemple, on observe des mouvements tourbillonnaires très réguliers, dont la forme dépend des conditions aux limites (champ électrostatique appliqué, forme des électrodes, forme des parois) et aussi des constantes moléculaires du milieu (viscosité, constante diélectrique, etc.).

Tout comme dans les formations tourbillonnaires précédemment

---

(1) *Phil. Trans.*, A. **223**, 1921, p. 289.

(2) *Rep. of the Aer. Res. Inst.*, Tokyo, **3**, III, 1928, p. 1.

(3) *L'hydrodynamique du cylindre tournant* (*Publications scientifiques et techniques du Ministère de l'Air*, **71**, 1935).

(4) D. Avsec, *Comptes rendus*, **203**, 1936, p. 532 et 556.

décrites, on peut obtenir la division du fluide en compartiments fermés, constitués par des tourbillons individuels. Ainsi, dans le cas de deux électrodes planes et parallèles, limitant la nappe d'huile, cette dernière devient le siège de formations du type des tourbillons cellulaires de H. Bénard. Une électrode en forme d'anneau et l'autre étant rectiligne et dirigée suivant l'axe de révolution de la première, provoquent la constitution d'un ou plusieurs tourbillons toriques, compris entre les deux électrodes. Lorsque les deux électrodes sont des cylindres concentriques, il se forme soit des tourbillons toriques du type de G. I. Taylor, soit encore des tourbillons rectangulaires parallèles à l'axe de révolution des deux électrodes.

Nous arrêtons ici la description de ces mouvements, auxquels nous avons donné le nom de *tourbillons électroconvectifs* et dont la diversité est presque infinie.

Nous devons mentionner cependant un caractère commun aux tourbillons électroconvectifs, et qui les différencie des tourbillons précédemment connus. Il semble que les tourbillons électroconvectifs gardent leur régularité pour les vitesses beaucoup plus grandes que celles qui rendent irrégulières les formations anciennes. Il en résulte notamment que dans les tourbillons électroconvectifs se produisant dans un milieu à surface libre, le relief de cette surface est très accentué. On observe en effet des courbures très grandes, des arêtes vives et des points anguleux.

Nous croyons que l'existence des tourbillons électroconvectifs explique une multitude de phénomènes physiques, météorologiques, astrophysiques et cristallographiques.

SPECTROPHOTOMÉTRIE. — *Recherches spectrophotométriques sur la couleur des vins.* Note de MM. **Augustin Boutaric**, **Louis Ferré** et de Mme **Madeleine Roy**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

1. Nous avons déterminé au spectrophotomètre le spectre d'absorption d'un certain nombre de vins dans le domaine des radiations visibles. Comme pour les vins très colorés, les cuves à faces parallèles les moins épaisses qu'on trouve couramment dans le commerce (5^{mm}) ne laissent encore passer qu'une fraction de lumière incidente trop faible pour pouvoir être mesurée avec précision, nous avons fait établir par MM. Jobin et Yvon une cuve d'épaisseur variable permettant d'opérer sur une épaisseur quelconque de liquide inférieure à 1^{cm} : les faces utiles de la cuve sont constituées

par deux glaces soigneusement travaillées et rigoureusement parallèles, dont l'écartement variable peut être apprécié à moins d'un centième de millimètre.

Le tableau suivant donne pour quelques vins et pour diverses radiations échelonnées le long du spectre visible les valeurs de la densité optique $h = \log_{10} I_0/I$ ramenées à une épaisseur de liquide de 1^{cm}.

λ.	Oberlin.	Teinturier.	Gamay-Beaujolais.	Côtes du Rhône.	Hermitage.	Pinot.
700........	2,69	0,59	0,39	0,25	0,76	0,16
680........	2,87	0,66	0,45	0,33	0,81	0,18
660........	3,03	0,83	0,62	0,47	0,93	0,29
655........	3,20	0,89	0,68	0,50	1,01	0,31
640........	3,45	1,07	0,88	0,63	1,23	0,41
620........	4,58	1,59	1,39	0,92	1,61	0,79
600........	6,22	2,18	2,21	1,50	2,21	1,13
580........	10,35	3,46	3,46	2,26	3,02	1,83
560........	16,20	7,18	6,14	3,94	4,52	2,74
550........	19,85	9,17	7,06	5,44	5,16	3,22
540........	25,60	11,70	7,52	6,16	5,50	3,47
520........	28,70	12,75	7,50	6,24	5,60	3,55
500........	24,70	11,30	6,58	5,32	5,04	3,29
480........	17,50	7,38	5,22	3,50	4,22	2,78
460........	13,75	6,60	4,52	3,05	3,62	2,51
450........	13,20	6,80	4,48	2,70	3,60	2,48

2. La densité optique de tous les vins ainsi examinés, de teintes pourtant très différentes, passe par un maximum pour une longueur d'onde voisine de $520^{m\mu}$. Comme cette radiation se trouve sensiblement dans la région spectrale pour laquelle l'œil présente son maximum de sensibilité, la mesure de la densité optique relative à cette radiation fournira une première indication intéressante sur le degré d'opacité du vin.

Quant à sa teinte, on pourra en avoir une idée assez nette par le quotient des densités optiques relatives aux radiations $\lambda_1 = 480^{m\mu}$ et $\lambda_2 = 640^{m\mu}$ situées respectivement dans le bleu et dans le rouge : le quotient h_1/h_2 diminue lorsque l'opacité pour le bleu va en augmentant par rapport à l'opacité pour le rouge, c'est-à-dire à mesure que la lumière blanche transmise à travers le vin est plus appauvrie en radiations bleues qu'en radiations rouges et par suite que la teinte du vin est d'un rouge plus franc.

Le tableau suivant donne pour les divers vins envisagés : 1° les valeurs de la densité optique h_0 relatives à la radiation $\lambda_0 = 520^{m\mu}$; 2° le rapport des densités optiques h_1/h_2 relatives aux radiations $\lambda_1 = 480^{m\mu}$ et $\lambda_2 = 640^{m\mu}$.

	Oberlin.	Teinturier.	Gamay-Beaujolais.	Côtes du Rhône.	Hermitage.	Pinot.
h_0	28,7	12,75	7,50	6,24	5,60	3,55
$\frac{h_1}{h_2}$	5,07	6,89	5,93	5,71	3,43	6,78

On voit par les résultats précédents qu'on ne saurait apprécier la couleur d'un vin en se contentant, comme on l'a proposé à diverses reprises, de déterminer la densité optique pour une seule radiation, à quelque région du domaine spectral qu'elle appartienne. Une telle mesure peut donner une indication, d'ailleurs grossière, sur l'opacité moyenne du vin, mais non sur sa teinte : l'appréciation de cette teinte ne saurait être obtenue que par des mesures portant sur un certain nombre de radiations, trois au minimum, suivant les principes les mieux établis de la colorimétrie. La méthode d'une application relativement simple que nous préconisons, nous paraît susceptible de fournir sur la couleur des vins des indications précises et très suffisantes pour tous les besoins de la pratique.

PHOTOGRAPHIE. — *Sur les plaques photographiques sensibilisées par le salicylate de sodium.* Note de M. **Tien Kiu**, présentée par M. Charles Fabry.

J'ai montré [1] que le traitement par des solutions aqueuses de salicylate de sodium augmentait à la fois, dans le proche ultraviolet, la sensibilité et les facteurs de contraste γ et γ' des plaques photographiques. Ces facteurs devenaient indépendants de la longueur d'onde au-dessous de 3000 Å. M. Jean Terrien [2], Mme Herman-Montagne et M. Ricard [3] ont trouvé ensuite que la constance du facteur de contraste γ' (à temps de pose variable) s'étendait jusqu'à l'ultraviolet lointain.

L'explication proposée repose sur la transformation des radiations ultraviolettes en rayonnement de fluorescence. Une plaque photographique, dépouillée au préalable de son bromure d'argent par l'hyposulfite, puis traitée par une solution de salicylate, montre effectivement une belle fluorescence violette lorsqu'on l'éclaire avec un arc au mercure. Comme le

(1) *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 1348.
(2) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 211.
(3) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 477.

spectre de fluorescence ne varie pas avec les radiations excitatrices, les facteurs de contraste doivent devenir indépendants de la longueur d'onde dès que l'absorption du rayonnement excitateur se montre suffisament complète.

En étendant mes mesures vers les grandes longueurs d'onde, *j'ai constaté que le traitement par les solutions de salicylate augmentait aussi le contraste et la sensibilité dans le spectre visible.* Le tableau I donne, par exemple, les facteurs de contraste γ (à l'éclairement variable) mesurés sur des plaques Lumière *Opta* et Crumière *Superaviachrome*, traitées ou non par des solutions aqueuses à 10 pour 100 de salicylate de sodium.

TABLEAU I.

	Opta.		Superaviachrome.	
λ (en Å).	Plaque témoin.	Plaque fluorescente.	Plaque témoin.	Plaque fluorescente.
5790	–	–	2,18	2,93
5461	–	–	2,18	3,05
4916	–	–	–	2,60
4347	1,86	2,36	–	–
4077	1,86	2,50	–	–
4047	1,77	2,40	1,84	2,60
3906	1,86	2,40	–	2,36
3341	1,39	1,84	1,34	1,67
3130	1,38	2,50	1,37	2,38
3022	1,40	2,55	1,35	2,45
2967	1,39	2,60	1,30	2,47
2925	1,38	2,60	–	2,48
2893	1,32	2,60	–	2,65
2803	1,32	2,60	–	2,40
2753	1,40	2,45	–	2,35
2699	–	–	–	2,32
2653	–	–	1,29	2,40

L'accroissement de γ est manifeste jusqu'à 5790 Å, soit dans tout le domaine spectral étudié.

Pour comparer la sensibilité des plaques traitées par le salicylate à celle des plaques non traitées, on peut considérer l'inverse du rapport des éclairements E_f et E nécessaires pour obtenir dans les deux cas une même densité. J'ai choisi la densité 2,5 qui correspond à peu près au milieu de la région d'exposition normale. Les tableaux II et III donnent ainsi, pour les plaques *Opta* et *Superaviachrome*, les quantités $\log E - \log E_f$, E/E_f, et la

différence des densités ΔD observées, pour un même éclairement, au voisinage de la densité 2,5.

TABLEAU II. — Plaques *Opta*.

λ (en Å).	$\log E - \log E_f$.	$\frac{E}{E_f}$.	ΔD.
4347	0,23	1,70	0,45
4077	0,25	1,78	0,52
4047	0,26	1,82	0,51
3906	0,28	1,90	0,56
3341	0,27	1,86	0,45
3130	0,23	1,70	0,40
3022	0,27	1,86	0,45
2967	0,25	1,78	0,43
2925	0,25	1,78	0,44
2893	0,27	1,86	0,46
2803	0,28	1,90	0,50
2753	0,27	1,86	0,43
2699	0,28	1,90	0,45

TABLEAU III. — Plaques *Superaviachrome*.

λ (en Å).	$\log E - \log E_f$.	$\frac{E}{E_f}$.	ΔD.
5790	0,20	1,59	0,50
5461	0,22	1,66	0,56
4047	0,28	1,90	0,59
3341	0,34	2,19	0,61
3130	0,36	2,29	0,64
3022	0,35	2,24	0,58
2967	0,37	2,34	0,65
2653	0,35	2,24	0,59

On voit que, pour la plaque *Opta*, l'immersion dans une solution aqueuse à 10 pour 100 de salicylate multiplie la sensibilité, ainsi définie, par 1,8 environ dans toute la région étudiée. Pour la plaque *Superaviachrome*, la sensibilité est multipliée par un nombre voisin de 1,6 dans la région vert jaune du spectre et voisin de 2,3 au-dessous de 3130 Å.

Ces résultats montrent que l'action des solutions de salicylate sur les plaques photographiques est plus complexe qu'on ne l'imaginait tout d'abord. La transformation en rayonnement de fluorescence, capable d'expliquer la constance du contraste dans l'ultraviolet, ne peut, à elle seule, rendre compte d'un accroissement de sensibilité qui s'étend à des radiations de longueurs d'onde trop grandes pour exciter la fluorescence.

PHYSIQUE GÉNÉRALE. — *Sur le phénomène de Zeeman.*
Note de M. **Émile Sevin**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Nous nous proposons d'établir que, si l'on tient compte de l'influence du spin, on est conduit à conclure que l'équation de Schrödinger comporte deux solutions particulières, dont l'une correspond à l'effet Zeeman anormal et l'autre au même effet normal.

Écrivons cette équation en conservant les notations adoptées par M. Louis de Broglie dans l'exposé qu'il a fait du sujet [1]; nous désignerons toutefois par M_0, au lieu de m_0, la masse qui intervient :

$$\Delta\psi - \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2\psi}{\partial t^2} + \frac{4\pi i}{h}\frac{e\mathrm{V}}{c^2}\frac{\partial\psi}{\partial t} + \sum_{xyz}\frac{4\pi i}{h}\frac{e}{c}\mathrm{A}_x\frac{\partial\psi}{\partial x} = \frac{4\pi^2}{h^2}\left[\mathrm{M}_0^2c^2 - \frac{e^2}{c^2}(\mathrm{V}^2-\mathrm{A}^2)\right]\psi.$$

Choisissons un système de référence fixe $Oxyz$ tel que le plan xOy soit le plan de symétrie de l'atome à un moment donné; ce plan est caractérisé par le fait que, au moment considéré, il contient le potentiel vecteur $\vec{\mathrm{A}}$ et, si l'on désigne par α l'angle de la direction de $\vec{\mathrm{H}}$ avec l'axe Oz, on peut poser

$$\mathrm{A}_x = -\mathrm{H}\cos\alpha\, y/2, \qquad \mathrm{A}_y = \mathrm{H}\cos\alpha\, x/2, \qquad \mathrm{A}_z = 0.$$

Puis, en vue d'étudier l'état de l'atome dans un stade voisin, définissons des coordonnées cylindriques par les formules

$$x = \mathcal{R}\cos\theta, \qquad y = \mathcal{R}\sin\theta, \qquad z = z.$$

Il vient

$$\frac{4\pi i}{h}\frac{e}{c}\sum_{xyz}\mathrm{A}_x\frac{\partial\psi}{\partial x} = \frac{2\pi i}{h}\frac{e}{c}\mathrm{H}\cos\alpha\left(y\frac{\partial\psi}{\partial x} - x\frac{\partial\psi}{\partial y}\right) = -\frac{2\pi i}{h}\frac{e}{c}\mathrm{H}\cos\alpha\frac{\partial\psi}{\partial\theta}$$

et l'équation de Schrödinger prend la forme

$$\frac{\partial^2\psi}{\partial\mathcal{R}^2} + \frac{1}{\mathcal{R}}\frac{\partial\psi}{\partial\mathcal{R}} + \frac{1}{\mathcal{R}^2}\frac{\partial^2\psi}{\partial\theta^2} - \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2\psi}{\partial t^2} + \frac{4\pi i}{h}\frac{e\mathrm{V}}{c^2}\frac{\partial\psi}{\partial t} - \frac{2\pi i}{h}\frac{e}{c}\mathrm{H}\cos\alpha\frac{\partial\psi}{\partial\theta}$$
$$= \frac{4\pi^2}{h^2}\left(\mathrm{M}_0^2c^2 - \frac{e^2\mathrm{V}^2}{c^2}\right)\psi.$$

Le champ magnétique n'y introduit donc qu'un seul terme correctif :

$$-\frac{2\pi i}{h}\frac{e}{c}\mathrm{H}\cos\alpha\frac{\partial\psi}{\partial\theta} = \frac{4\pi i}{h}\frac{1}{\mathcal{R}^2}\left(-\frac{1}{2}\frac{e\mathrm{H}}{\mathrm{M}_0c}\cos\alpha\,\mathrm{M}_0\mathcal{R}^2\right)\frac{\partial\psi}{\partial\theta}.$$

---

[1] *L'électron magnétique*, p. 106 à 110.

Or, $-eH/2M_0c$ étant l'expression même de la précession d'entraînement de Larmor, le facteur entre parenthèses représente la variation de la grandeur du moment cinétique due à cette précession.

Nous savons d'ailleurs que, du point de vue des ondes, le mouvement de l'électron et du proton dans l'atome d'hydrogène est toujours équivalent à un mouvement circulaire ([1]). Il s'ensuit que les deux premiers termes de l'équation disparaissent et que, pour le surplus, elle ne dépend pas effectivement du temps; en l'espèce, les critiques de M. Dirac, touchant la théorie de Schrödinger, ne s'appliquent donc pas ([2]).

Mais, du fait de la coexistence du spin et du champ magnétique, l'énergie de la particule se trouve modifiée dans une mesure connue; sa masse subit par suite une variation dM_0 et, si α' est l'angle des deux directions en cause,

$$(1) \qquad c^2\,dM_0 = -\frac{hHe}{4\pi M_0 c}\cos\alpha'.$$

Une deuxième correction s'impose. Admettons que le rayon $\mathcal{R}$ et par conséquent le potentiel scalaire V correspondent à un état quantifié en l'absence de tout champ magnétique; le moment cinétique $\vec{C}$ vaut $nh/2\pi$, et le théorème de Larmor nous apprend que, lorsqu'un champ $\vec{H}$ vient à intervenir, les grandeurs correspondantes prennent, dans le système relatif entraîné par la précession, des valeurs $\mathcal{R}+d\mathcal{R}$, $V+dV$ et $C+dC$, telles que $dM_0/M_0 - dV/V - 2dC/C = 0$, que l'on obtient en différentiant la relation $M_0e^3 = VC^2\sqrt{1-B^2}$, qui résulte de la loi de Coulomb.

Dès lors on peut calculer la variation de l'énergie qui caractérise le phénomène de Zeeman; il vient, en tenant compte de (1) et de ce que dM_0/M_0 reste petit par rapport à dV/V et à dC/C,

$$(2) \qquad dW = -\frac{1}{2}e\,dV - \frac{hHe}{4\pi M_0 c}\cos\alpha' - n\frac{hHe}{4\pi M_0 c}\cos\alpha.$$

Enfin on est conduit à introduire, dans l'équation de Schrödinger, un deuxième terme correctif en rapport avec la variation du moment cinétique, $dC = -C\,dV/2V$, et l'ensemble des deux termes s'écrit

$$\frac{4\pi i}{h}\frac{1}{(\mathcal{R}+d\mathcal{R})^2}\left[-\frac{1}{2}\frac{eH\cos\alpha}{c}(\mathcal{R}+d\mathcal{R})^2 - \frac{1}{2}\frac{C}{V}dV\right]\frac{\partial\psi}{\partial\vartheta}.$$

Une première solution apparaît immédiatement : les deux termes se

---

([1]) *Revue générale de l'Électricité*, 39, 1936, p. 216 et 217.

([2]) Louis de Broglie, *L'électron magnétique*, p. 133 à 135.

détruisent,

$$dV \simeq -\frac{eH}{c}\cos\alpha\,\frac{\mathcal{R}^2 V}{C} = -n\,\frac{hH}{2\pi M_0 c}\cos\alpha$$

et, en portant cette valeur dans (2), on trouve

$$dW_a = -\frac{hHe}{4\pi M_0 c}\cos\alpha'.$$

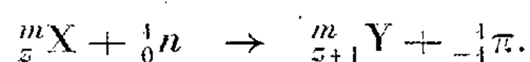
Le terme provenant du spin subsiste seul, le troisième terme, qui correspond à l'effet normal, a disparu et l'effet est ainsi anormal. Cette solution de l'équation de Schrödinger est régulière : le moment cinétique reste égal à $nh/2\pi$ et le principe des invariants adiabatiques est satisfait.

Quand le champ est fort, pour que l'état soit stationnaire, on est amené à écrire que la particule retrouve périodiquement l'onde en une même phase à la traversée du plan médian perpendiculaire à $\vec{H}$; on obtient alors une valeur de dV telle que le premier terme de (2) détruit le deuxième, le troisième est conservé et l'effet est devenu normal.

Enfin, ces résultats étant acquis, on montre que, dans les champs faibles, le spectre est analogue à celui qui correspond au doublet du sodium et que, dans les champs forts, il prend l'aspect tout différent bien connu.

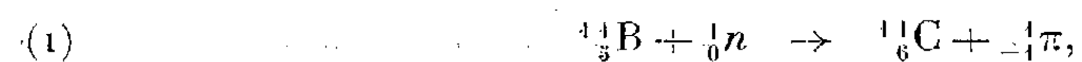
PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Recherche du proton négatif et de quelques radioactivités artificielles.* Note de MM. **Robert J. Walen** et **Maurice E. Nahmias**, présentée par M. Jean Perrin.

Nous avons cherché si dans les désintégrations par neutrons il pouvait y avoir émission de protons négatifs ($_{-1}^{1}\pi$) suivant la réaction générale



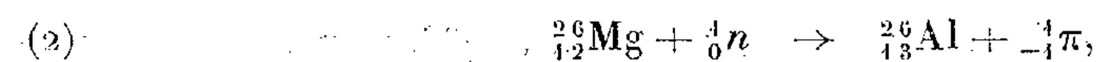
$$_{z}^{m}X + {}_{0}^{1}n \rightarrow {}_{z+1}^{m}Y + {}_{-1}^{1}\pi.$$

Les cas les plus favorables à mettre en évidence sont ceux où les noyaux Y seraient radioactifs. Un examen des tables d'isotopes montre que les cas les plus accessibles à l'expérience, sont les suivants :



(1) $$_{5}^{11}B + {}_{0}^{1}n \rightarrow {}_{6}^{11}C + {}_{-1}^{1}\pi,$$

$_{6}^{11}C$ étant radioactif avec émission de positons et une période de 21 minutes



(2) $$_{12}^{26}Mg + {}_{0}^{1}n \rightarrow {}_{13}^{26}Al + {}_{-1}^{1}\pi,$$

la période de l'aluminium étant de 7 secondes.

D'autres cas peuvent être envisagés mais la détection des périodes est

plus difficile, par suite de la présence d'autres périodes voisines ou de la rareté de l'isotope.

Pour la réaction (1) nous avons irradié pendant 1 heure, dans un cylindre, 200^g de bore en grains fins (1$^{\mu}$) avec une source centrale de (Rn + Be) de 800 mc. Un courant d'air ozonisé contenant des traces de CO^2 parcourait sous basse pression le cylindre. Le CO^2 était condensé avec de l'azote liquide, pendant toute la durée de l'expérience, dans un capillaire à parois minces placé à la sortie du cylindre. Le carbone actif éventuellement formé dans le bore aurait dû être entraîné, en partie [1], sous forme de CO^2 actif et condensé dans le capillaire. Amené devant un compteur Geiger à parois minces ce capillaire n'a présenté aucune activité mesurable. Dans une autre série d'expériences le CO^2 a été précipité dans l'eau de baryte. Déposé sur filtre le carbonate ne présentait aucune activité.

Avec le magnésium nous avons activé un cylindre creux de ce métal emboîtant une source de 900 cm. Le cylindre activé était amené autour du compteur 0,76 seconde après. Une statistique des décroissances n'a relevé aucune période de 7 secondes d'une intensité initiale supérieure à 5 pour 100 de celle due à la radioactivité [2] d'environ 33 secondes déjà connue chez le Mg($^{23}_{10}$Ne).

Période courte observée dans le bore. — En vue de déterminer dans le rayonnement excité dans le bore bombardé par des neutrons et signalé dans une Note précédente [3], la part due à une radioactivité éventuelle du bore, nous avons perfectionné le pendule horizontal déjà décrit [2]. Ainsi modifié l'appareil nous donne par exemple avec un cylindre creux de beryllium activé par une source de 300 mc et amené autour du compteur en 7/10e de secondes un excès de 50 impulsions pour une décroissance complète. Nous précisons ainsi la période du Be comme étant de $0{,}8 \pm 0{,}04$ secondes. Nous avons déterminé le coefficient d'absorption de cette radiation et nous en déduisons une absorption de moitié dans 0,16 g/cm² de Pb, valeur qui s'accorde mieux que les premiers résultats de Bgerjè [4] (0,4 g/cm² Al) avec sa dernière détermination [5] du maximum du spectre (environ 3,5 Mev).

---

(1) Des expériences où le rendement est supposé être meilleur (solution, riche en bore) sont en cours.

(2) M. E. NAHMIAS et R. J.-WALEN, *Comptes rendus*, **203**, 1936, p. 72.

(3) *Comptes rendus*, **203**, 1936, p. 177.

(4) *Nature*, **137**, 1936, p. 864.

(5) *Nature*, **138**, 1936, p. 400.

Dans les mêmes conditions le bore présente une activité de l'ordre de 2 pour 100 de celle du Be. L'enregistrement de 350 décroissances indique une période voisine de 1 seconde. La réaction la plus probable (endothermique de $\sim 1,5$ Mev) est la suivante : ${}^{11}_{5}B + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{8}_{3}Li + {}^{4}_{2}He$ (la formation de ${}^{12}_{5}B$ radioactif étant réservé à la période probable de 1/50e de seconde (*loc. cit.*). La formation de ${}^{6}He$, endothermique de ~ 16 Mev, paraît ici impossible. Nous tenons à signaler que le bore que l'on peut actuellement se procurer est assez impur. Quoique cette activité paraisse difficile à attribuer à une des impuretés, un contrôle sera effectué avec B_2O_3 dès qu'il nous sera possible d'utiliser de plus fortes sources.

Radioactivité du lithium. — Nos expériences antérieures à la roue (*loc. cit.*) ayant été négatives nous les avons reprises au nouveau pendule horizontal avec un cylindre de Li métallique de 3mm d'épaisseur et une source de 330 mc. L'enregistrement de 400 décroissances indique une période de $0,75 \pm 0,05$ seconde. La réaction est certainement par capture du neutron puisque : 1° l'effet paraffine, dans notre arrangement expérimental, est de l'ordre de trois, et 2° la formation de ${}^{6}He$ (formé suivant Bjerge dans ${}^{9}_{4}Be + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{6}_{2}He + {}^{4}_{2}He$) est ici endothermique de $\sim 3,5$ Mev. Il y aurait donc formation de ${}^{8}Li$ radioactif. L'activité, sans paraffine, est de l'ordre de 2,5 pour 100 de celle du Be, tandis que avec paraffine, dans des conditions identiques, la période de 2,4 minutes de l'argent, activé à saturation, présente une intensité huit fois plus grande (1) que celle du Li (intensités rapportées à la fin de l'activation). Connaissant cette intensité du Li, nous avons calculé l'ordre de grandeur de l'effet que nous aurions dû observer à la roue, et nous obtenons : 0,4 coup par minute, ce qui était de l'ordre des erreurs statistiques. Les conditions expérimentales analogues de MM. Knol et Veldkamp (2) ne pouvaient donner qu'un résultat encore plus faible. Il nous semble donc que l'effet relativement important observé par ces auteurs est probablement imputable à des variations dans le fonctionnement des compteurs. Leurs expériences n'étaient pas alternées, mais faites en deux séries de 28 heures chacune.

---

(1) Compteur à parois de 0mm,2 Al.

(2) *Physica* (La Haye), **3**, 1936, p. 145.

CINÉTIQUE CHIMIQUE. — *Lois régissant l'accélération initiale de la combustion lente et le retard à l'inflammation des mélanges de pentane, d'oxygène et d'azote.* Note de M. **Marcel Prettre.**

Il a été montré ([1]) que la combustion lente isotherme à volume constant des mélanges de pentane normal et d'oxygène pur provoque, à toute température comprise entre 260 et 300° C., une variation de pression Δp, qui satisfait en fonction du temps t, durant la période d'accélération initiale de la réaction, à la relation générale des processus en chaînes fréquemment ramifiées

$$\Delta p = k e^{\varphi t}, \tag{1}$$

où k est sensiblement constant et où φ varie à chaque température en fonction de la pression partielle P_c de combustible et de la pression totale P_t des réactifs, selon la loi

$$\varphi = k_1 P_c P_t^2. \tag{2}$$

L'inflammation, quand elle se produit, a lieu au temps τ défini à chaque température par l'expression

$$\varphi . \tau = \text{const.} \tag{3}$$

Il a été montré depuis lors ([2]) qu'entre 250 et 280°, l'addition au mélange combustible de gaz chimiquement inertes, tels que l'azote, augmente la vitesse de l'oxydation lente, facilite l'inflammation et en diminue le retard. Le but des travaux résumés dans la présente Note a été de rechercher les relations analogues aux précédentes, qui sont valables pour des mélanges de pentane et d'oxygène, auxquels est ajoutée une pression d'azote P_n.

Les mesures ont prouvé que la loi (1) est toujours vérifiée. Pour un mélange donné à une température déterminée, la valeur de φ, qui est φ_0 en l'absence d'azote, augmente de manière sensiblement linéaire en fonction de P_n selon l'expression

$$\varphi = \varphi_0 (1 + \alpha P_n) = k_1 P_c P_t^2 (1 + \alpha P_n). \tag{4}$$

Pour une pression totale constante P_t des réactifs, le coefficient α de

([1]) *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 1176; *Ann. Comb. liq.*, **11**, 1936, p. 669.
([2]) *Comptes rendus*, **203**, 1936, p. 561.

cette formule est indépendant de la teneur en combustible du mélange dans les limites de concentrations où la relation (2) est valable. Par contre α diminue, quand augmente la pression totale des réactifs, il varie alors en raison inverse d'une puissance de P_t comprise entre 0,6 et 0,8 [1].

Le tableau suivant met en évidence la relation (4) en donnant les valeurs de φ/φ_0 obtenues dans quatre séries de mesures faites à 260° avec divers mélanges de pentane et d'oxygène additionnés de quantités croissantes d'azote (les pressions sont mesurées en millimètres de mercure).

Mélange examiné.							
I. $C^5H^{12} + O^2$	P_n....	0	97,9	202,3	307,2	371,3	
($P_t = 400^{mm}$)	φ/φ_0..	1,000	1,136	1,262	1,437	1,530	
II. $C^5H^{12} + 3O^2$	P_n....	0	94,8	201,3	303,1		
($P_t = 400^{mm}$)	φ/φ_0..	1,000	1,117	1,262	1,441		
III. $C^5H^{12} + O^2$	P_n....	0	102,3	204,9	297,1	401,6	
($P_t = 300^{mm}$)	φ/φ_0..	1,000	1,173	1,351	1,494	1,696	
IV. $C^5H^{12} + O^2$	P_n....	0	98,5	198,9	306,6	387,3	502,6
($P_t = 200^{mm}$)	φ/φ_0..	1,000	1,241	1,462	1,715	1,930	2,183

Relations. I. : $\varphi = \varphi_0.(1 + 0,0014 . P_n)$; II. : $\varphi = \varphi_0.(1 + 0,0014 . P_n)$; III. : $\varphi = \varphi_0.(1 + 0,00175 . P_n)$; IV. : $\varphi = \varphi_0.(1 + 0,00235 . P_n)$.

La mesure à plus haute température des retards à l'inflammation des mêmes mélanges confirme la validité de la relation (3). Pour un mélange donné de pentane et d'oxygène, ce retard τ varie donc en fonction de l'addition d'azote selon la loi

$$\tau(1 + \alpha P_n) = \text{const.} \tag{5}$$

Les mélanges carburés utilisés industriellement contiennent de l'air comme comburant. A partir de 250°, ils s'oxydent donc beaucoup plus rapidement et s'enflamment dans un délai bien plus bref que les mélanges sans azote, dont les pressions partielles d'oxygène et de carbure sont les mêmes. A chaque température, la fonction φ de l'oxydation lente est, d'après les mesures précédentes, de deux à quatre fois plus grande et le retard τ à l'inflammation, de deux à quatre fois plus faible.

Les lois énoncées ci-dessus cessent d'être valables aux faibles pressions dès que la température atteint et dépasse 300°. Il a été montré que l'élévation de la température au delà de 300° ralentit la combustion et qu'une

(1) Pour les réactions en chaînes non ramifiées, la théorie prévoit et l'expérience a confirmé que $\alpha = \text{const.}/P_t$.

addition d'azote agit alors de même. Mais ces effets anormaux du gaz inerte et de la température s'atténuent rapidement quand la pression augmente et, aux fortes pressions, ces deux variables favorisent la combustion des mélanges carburés. Les relations découvertes dans le présent travail sont donc valables pour les phénomènes de combustion lente et d'inflammation spontanée qui se produisent à toute température sous des pressions assez élevées.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Mécanisme de diffusion à travers les oxydes protecteurs et influence de la pression sur la vitesse d'oxydation du nickel.* Note [1] de M. **Gabriel Valensi**, présentée par M. Georges Urbain.

I. La vitesse d'oxydation d'un métal s'identifie le plus souvent à la vitesse de pénétration de l'oxygène à travers son oxyde. Certains faits, tels que la marche isotherme de la réaction ou l'influence des rayons de courbure [2], s'expliquent sans hypothèses spéciales sur l'*agent diffusant*. D'autres, par contre, tels que l'influence de la pression ou le cas de métaux à valences multiples, nécessitent une interprétation plus intime.

II. La présente théorie admet l'existence d'atomes d'oxygène appartenant au réseau de l'oxyde, mais doués de *mobilité* à partir d'un *seuil d'énergie* γ, soit en moyenne $\gamma/3$ par degrés de liberté, suivant lequel chaque atome possède un nombre entier de quanta. La fraction mobile sera $e^{-\frac{\gamma}{3kT}}$ ou $e^{-\frac{W}{RT}}$, k désignant la constante de Boltzman, R la constante des gaz, et W ou *énergie d'activation*, le tiers du seuil d'énergie par molécule-gramme d'oxygène [3].

Considérons l'oxyde en voie de formation, et en contact avec l'atmosphère de pression P d'oxygène, et avec le métal résiduel. *Sur la face externe*, certains atomes s'échappent en laissant des *lacunes*. La compensation due à la phase gazeuse crée un équilibre statistique, pour lequel la vitesse d'évasion, proportionnelle au nombre d'unités mobiles, est égale à la vitesse de condensation, proportionnelle à la pression d'oxygène et au nombre de lacunes. Pour N nœuds du réseau réservés à l'oxygène et h_1 atomes effectifs (libres ou liés) par unité de volume, il y a $N - h_1$ lacunes. D'où

$$h_1 = \frac{KNP}{e^{-\frac{W}{RT}} + KP} \qquad (K = \text{const.}). \tag{1}$$

(1) Séance du 23 novembre 1936.

(2) *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 523 et 602; 202, 1936, p. 309 et 414.

(3) Dunn (*Proc. Roy. Soc.*, 3, A, 1926, p. 203) a procédé à l'évaluation analogue.

Quand la pression s'abaisse à la tension de dissociation f, les lacunes deviennent assez nombreuses pour que l'oxyde, peu cohérent, se décompose. *Sur la face interne*, l'oxyde, à sa limite de stabilité, prend dès lors la concentration

$$h_2 = \frac{\mathrm{KN}f}{e^{-\frac{\mathrm{W}}{\mathrm{RT}}} + \mathrm{K}f}. \tag{2}$$

La différence de concentrations motrice $\mathrm{H} = h_1 - h_2$ permet la circulation de l'oxygène, et ce phénomène obéit à la loi de Fick.

Imaginons, en effet, une diffusion à travers l'aire ds, et suivant la normale $\mathrm{O}z$ à une famille de plans réticulaires, distants de l. Durant le temps dt, chaque plan de concentration x, expulse sur le plan qui le suit un nombre d'atomes proportionnel à

$$\left(e^{-\frac{\mathrm{W}}{\mathrm{RT}}}x\right)\left[(\mathrm{N}-x) + \frac{\partial(\mathrm{N}-x)}{\partial z}l\right].$$

Il en reçoit proportionnellement à

$$\left[e^{-\frac{\mathrm{W}}{\mathrm{RT}}}x + \frac{\partial\left(e^{-\frac{\mathrm{W}}{\mathrm{RT}}}x\right)}{\partial z}l\right](\mathrm{N}-x).$$

D'où le débit efficace

$$d\left(\frac{d\mathrm{Q}}{dt}\right) = -k\mathrm{N}l e^{-\frac{\mathrm{W}}{\mathrm{RT}}}\frac{\partial x}{\partial z}ds \qquad (k = \text{const.}).$$

Si l'élément de surface ds, dont $\mathrm{O}z$ est la normale, fait l'angle α avec les plans réticulaires les plus voisins, dont $\mathrm{O}n$ est la normale,

$$d\left(\frac{d\mathrm{Q}}{dt}\right) = -\frac{kl}{\cos^2\alpha}.\mathrm{N}e^{-\frac{\mathrm{W}}{\mathrm{RT}}}\frac{\partial x}{\partial z}ds.$$

Dans le cas général, une surface *finie* S à débit uniforme, coupe plusieurs cristaux, $kl/\cos^2\alpha$ prend une valeur moyenne A et, μ désignant le coefficient de diffusion

$$\frac{d\mathrm{Q}}{dt} = -\mathrm{AN}e^{-\frac{\mathrm{W}}{\mathrm{RT}}}\frac{\partial x}{\partial z}\mathrm{S} = -\mu\frac{\partial x}{\partial z}\mathrm{S}. \tag{3}$$

Supposons les surfaces équipotentielles égales (lames métalliques). *En régime*, $d\mathrm{Q}/dt$, indépendant du niveau z, s'identifie à la vitesse d'oxydation. Soit g l'épaisseur à l'instant t de l'oxyde MeO^a de densité D et de masse moléculaire M ($\mathrm{M} = \mathrm{MeO}^a$). En intégrant (3), d'abord par rapport aux variables x et z, faisant $x = h_1$ pour $z = 0$ et $x = h_2$ pour $z = g$, puis par rapport aux variables t et Q avec $\mathrm{Q} = 0$ pour $t = 0$, on obtient en atomes-grammes d'oxygène

$$\mathrm{Q}^2 = \frac{2\mathrm{D}\mu\mathrm{HS}^2}{\mathrm{M}}t = \frac{2a\mathrm{ADNS}^2}{\mathrm{M}}.e^{-\frac{\mathrm{W}}{\mathrm{RT}}}\left(\frac{\mathrm{N}}{1+\frac{e^{-\frac{\mathrm{W}}{\mathrm{RT}}}}{\mathrm{KP}}} - \frac{\mathrm{N}}{1+\frac{e^{-\frac{\mathrm{W}}{\mathrm{RT}}}}{\mathrm{K}f}}\right)t.$$

La réaction progresse proportionnellement à la racine du temps. *A des pressions suffisantes*, $e^{-\frac{W}{RT}}/KP$ se néglige devant l'unité; *la vitesse d'oxydation ne dépend pas de la pression.* Le coefficient thermique, proportionnel à $e^{-\frac{W}{RT}}$, satisfait à la loi d'Arrhénius, sauf au voisinage de la température de dissociation.

III. Les figures résument l'oxydation de lames de nickel de $0^{mm},1$ d'épaisseur, à *température fixe et pression décroissante.* Chacune comporte,

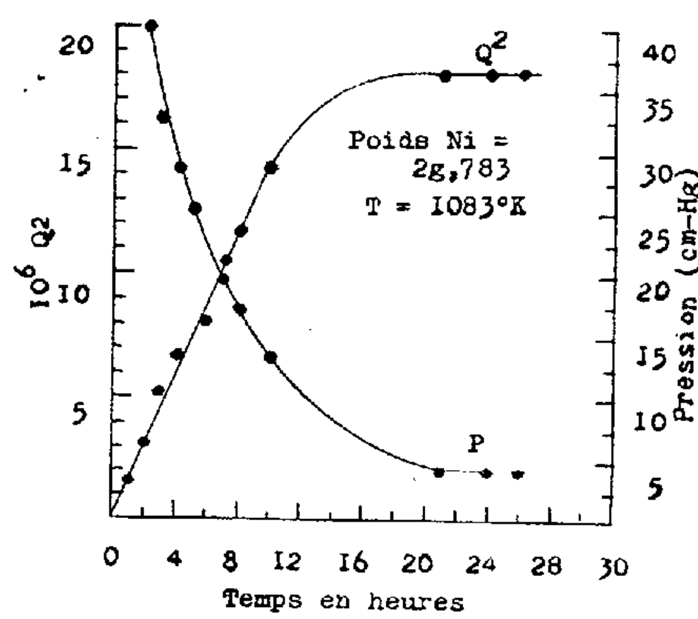


Fig. 1.

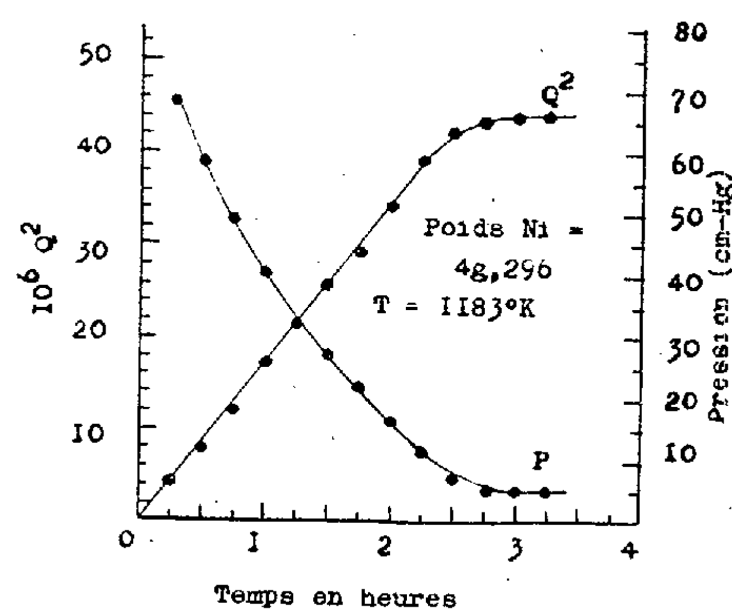


Fig. 2.

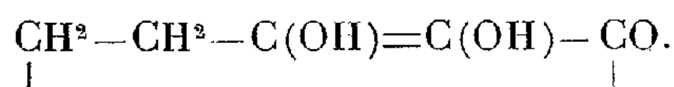
en fonction du temps, d'une part la pression P, et d'autre part la variation de Q^2. On voit que, jusqu'à une pression limite de l'ordre de 5^{cm} de mercure, au-dessous de laquelle la réaction se ralentit fortement, Q^2 demeure proportionnel au temps, c'est-à-dire que la pression n'a effectivement pas d'influence.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les constantes de dissociation de l'acide réductinique et de son produit d'oxydation par l'iode.* Note de M. **Georges Carpéni**, présentée par M. Georges Urbain.

L'acide réductinique se place, par sa constitution et ses propriétés, dans la série des corps endiol-α-cétoniques, —C(OH)=C(OH)—CO, si remarquables par leur pouvoir réducteur et la force de leur acidité. Isolé et étudié très complètement par T. Reichstein et R. Oppenauer [1], ce corps

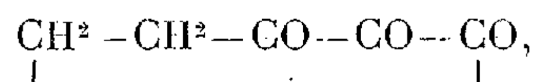
[1] *Helv. Ch. Acta*, 16, 1933, p. 988 et 17, 1934, p. 390.

possède la structure cyclique



$$CH^2-CH^2-C(OH)=C(OH)-CO.$$

Une solution aqueuse d'iode oxyde le groupe endiol avec libération de 2HI et formation de l'acide *oxyréductinique*



$$CH^2-CH^2-CO-CO-CO,$$

un ou plusieurs groupements CO pouvant être hydratés. Ces deux corps n'ont pas encore été étudiés, à ma connaissance, du point de vue de leurs constantes de dissociation. Cette étude a pour but de combler cette lacune.

J'ai employé à cet effet la méthode électrométrique, suivant la technique déjà décrite pour la réductone et l'acide ascorbique ([1]). On opère à 20° avec des électrodes de Pt et de verre, les concentrations étant 0,02 M pour l'acide réductinique et 0,1 M pour NaOH et HCl.

Acide réductinique. — Deux échantillons de puretés différentes m'ont fourni les mêmes valeurs. Les courbes de titrage sont parfaitement normales et reproductibles; les potentiels sont stables et le produit ne subit pas de décomposition (titre d'iode en fin d'opération identique à celui du début). Les points d'inflexion obtenus à 20° avec les électrodes de Pt et de verre, diffèrent cependant légèrement entre eux. Comme, avec l'électrode de verre, les courbes sont un peu *aplaties* dans la région du point d'inflexion (les accroissements de potentiel sont, toutes choses égales, plus faibles qu'avec les électrodes de Pt), on doit choisir les indications des électrodes de Pt ([2]).

On trouve ainsi $k^{20°} = 1,9.10^{-5} \pm 0,05$ ($p_k = 4,72$). Il ne semble pas qu'il y ait une deuxième constante dans la région alcaline.

Acide oxyréductinique. — On distingue, comme précédemment ([1]), des courbes de titrage rapide et lent. La solution obtenue après oxydation par l'iode, brunit de plus en plus au fur et à mesure que l'on avance dans la région alcaline. Le titrage en retour par HCl ne fait pas disparaître complètement cette coloration, ce qui est la preuve d'une certaine altération.

a. Titrage rapide. — Le titrage, par la soude, effectué rapidement, conduit à une constante $k_0^{20°} \cong 3,3.10^{-9}$ ($p_k \cong 8,48$), mais étant donné

([1]) GEORGES CARPÉNI, *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 1065 et **203**, 1936, p. 75.

([2]) Ces différences ne sont certainement pas dues à la présence du Pt platiné et de l'hydrogène, ou de l'azote (électrode de verre).

l'évolution très rapide de la solution dans cette région, cette valeur n'est qu'approximative.

b. Titrage lent. — Si, après chaque addition de réactif, on attend une constance suffisante des potentiels (pratiquement on effectue les mesures immédiatement après l'addition de réactif et 24 heures plus tard), les courbes obtenues indiquent, avec les électrodes de Pt :

1° à l'aller (Na OH), un palier net dont le point d'inflexion correspond à pH = 5,4 (même valeur avec l'électrode de verre);

2° au retour (HCl), la première inflexion est située à pH ≅ 4, la deuxième, correspondant à un palier très net, indique pH = 8,4 (avec l'électrode de verre les valeurs correspondantes sont pH = 4,2 et pH = 8,55).

Il est à noter que, probablement à cause de la légère altération révélée par la coloration de la solution, les courbes fournies par les titrages sont plus difficiles à interpréter que dans les cas de l'oxyréductone et de l'acide oxyascorbique.

Conclusion. — Comme sa constitution et ses propriétés chimiques le laissent prévoir, l'acide réductinique est également, du point de vue du titrage électrométrique, analogue en tous points à la réductone et à l'acide ascorbique. Il en est de même de son produit d'oxydation par l'iode.

CHIMIE PHYSIQUE MINÉRALE. — *Influence de catalyseurs d'addition sur la décomposition catalytique de l'eau oxygénée en présence de bichromate.* Note de M. **Max Bobtelsky** et Mme **Ljuba Bobtelsky-Chajkin**, présentée par M. Georges Urbain.

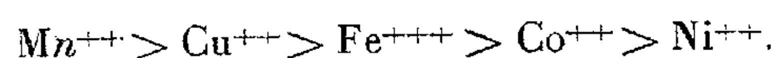
L'ion Cr^2O^{7--} agit catalytiquement sur la décomposition de l'H^2O^2. Il se forme un composé peroxydé instable qui se décompose de lui-même en O^2 et Cr^2O^{7--}. Nous avons étudié l'influence qualitative et quantitative (en présence et en absence de catalyseurs d'addition), qu'ont certains ions et certaines solutions concentrées d'électrolytes neutres, de même que l'alcool éthylique sur la décomposition du corps peroxydé. Afin d'évaluer la perturbation apportée par les parois des récipients, des essais parallèles furent exécutés dans des récipients de verre, et des récipients paraffinés. Le dispositif expérimental a déja été décrit antérieurement ([1]).

([1]) *Comptes rendus*, **201**, 1935, p. 604-606.

Des essais *sans* cataliseurs d'addition avec des mélanges de bichromate et d'eau oxygénée à concentrations variables, à des températures variant de 5 à 25°C. donnèrent le résultat suivant : dans toutes les conditions, la vitesse de décomposition de l'H^2O^2 est *proportionnelle* aux concentrations de l'H^2O^2 et du bichromate. La réaction est *pseudo-monomoléculaire*. Les essais sans catalyseur d'addition sont difficiles à reproduire; par contre en prenant les ions Cu^{++}, ou bien Mn^{++}, comme catalyseurs d'addition, on obtient des réactions qui sont assez facilement reproductibles. Presque tous les essais parallèles en récipients de verres ou paraffinés fournirent des résultats identiques. Le coefficient de température ($K_{25°/15°}$) oscille, *en l'absence* de catalyseurs d'addition, autour de la valeur 2,5.

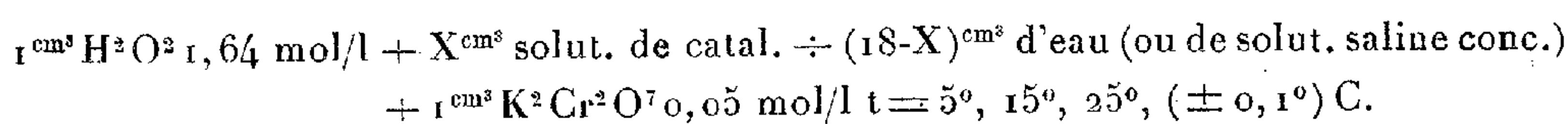
Il est intéressant de noter le comportement identique de Cr^2O^{7--} et de CrO^3 (à distinguer des ions CrO^{4--}) par rapport à l'eau oxygénée : tous les deux donnent, en solution aqueuse, des composés peroxydés de couleur violette; dans des solutions alcooliques, les composés peroxydés se distinguent autant par leur couleur que par leur stabilité. Il en est tout autrement pour l'ion CrO^{4--} : il catalyse à peine la décomposition de l'H^2O^2 et ne donne pas de composé intermédiaire (qui serait signalé par un changementde couleur), ni en solution aqueuse ni en solution alcoolique. Ces faits sont en faveur de l'idée que CrO^3 dissous se trouve en solution sous forme d'acide bichromique.

L'influence de solutions concentrées de sels neutres ($3n$) sur le mélange d'H^2O^2 et de bichromate est petite : NH^4Cl accélère un peu la réaction; $(NH^4)^2SO^4$, par contre, la retarde un peu. L'action de ces sels fut semblable en présence de catalyseurs d'addition (Cu^{++} et Mn^{++}). Nous avons constaté la série décroissante suivante de l'influence catalytique d'ions à valences variables



$$Mn^{++} > Cu^{++} > Fe^{+++} > Co^{++} > Ni^{++}.$$

Les essais avaient la composition générale suivante :



$$1^{cm^3}\,H^2O^2\,1,64\ \text{mol/l} + X^{cm^3}\ \text{solut. de catal.} + (18\text{-}X)^{cm^3}\ \text{d'eau (ou de solut. saline conc.)}$$
$$+ 1^{cm^3}\,K^2Cr^2O^7\,0,05\ \text{mol/l}\ t = 5°,\ 15°,\ 25°,\ (\pm 0,1°)\ C.$$

Les chlorures et sulfates d'ions catalytiques eurent le même effet, à l'exception, toutefois, du $CuCl^2$ [1]. L'ion Fe^{+++} donnait une action appréciable même pour une solution à 0,02 mol/l; mais les solutions contenant cet ion se troublaient avec le temps. Pour des concentrations *plus petites*

[1] *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 573-575.

en ions Mn^{++} et Cu^{++}, on a la formule $V = a \log C$ (V = vitesse de décomposition de H^2O^2, a = constante spécifique et C = concentration du catalyseur). D'autre part, pour des concentrations plus fortes, les valeurs de V croissent plus rapidement que $\log C$. Les limites de concentration inférieures permettant encore un effet catalytique net, peuvent être indiquées assez rigoureusement; les limites supérieures par contre sont floues et soumises à de grandes variations. Les limites inférieures sont pour l'ion Mn^{++}: $0^{mol},00005$; Cu^{++}: $0^{mol},001$; Co^{++}: $0^{mol},001$; Ni^{++}: $0^{mol},1$.

Les effets de Ni^{++} sont à la limite de l'action catalytique et de celle de sel neutre. *Les concentrations nécessaires pour obtenir* (dans le domaine sensible pour chaque catalyseur) *des effets égaux* sont, pour les divers ions,

$$Mn^{++}:Cu^{++}:Co^{++}:Ni^{++} = 1:50:150:7500.$$

Le coefficient de température $K_{25°/15°}$ de la catalyse de l'ion Mn^{++} est $= 3,0$, celui de l'ion Cu^{++} : $K_{15°/5°} = 2,85$. Il est curieux d'observer que ces coefficients de températures sont presque *égaux* et très rapprochés de ceux de la réaction fondamentale ($H^2O^2 + K^2Cr^2O^7$). On en conclura que *les catalyseurs d'addition n'ont pas de coefficient spécifique de température. Leur dépendance quant à la température est reliée à celle de la réaction fondamentale.* En considérant la réaction fondamentale comme *primaire*, et la catalyse d'addition (réaction auxiliaire) comme *secondaire*, on a ainsi, en fixant le coefficient de température, la possibilité d'une étude plus profonde du mécanisme des réactions de catalyse d'addition.

CHIMIE PHYSIQUE. — *La décomposition du ferrite de cadmium.* Note (1) de MM. **Hubert Forestier** et **Francis Redslob**, transmise par M. Pierre Weiss.

En cherchant à préciser les conditions de préparation optima du corps ferromagnétique obtenu par recuit du ferrite de cadmium à 160° (2), nous avons constaté que ce corps pouvait se former également par simple ébullition dans l'eau, du précipité lavé, et que le ferromagnétisme apparaissait même après un séjour de plusieurs heures à 40° en milieu humide; l'eau semblant jouer un rôle important dans la formation de ce composé, nous

(1) Séance du 21 novembre 1936.

(2) H. Forestier, *Thèse*, Paris, 1928.

avons cherché à définir son rôle dans la réaction et à identifier les composés formés.

L'analyse thermomagnétique du précipité Fe^2O^3, CdO encore humide (après lavage et filtration), conduit à la courbe représentée par la figure (vitesse de chauffage : 100° en 45'); elle montre que l'aimantation commence à apparaître vers 70°, croît de plus en plus rapidement, passe par un maximum au voisinage de 140° puis décroît très vite; elle a repris une valeur très faible à 200°; si la température dépasse 300°, la substance après refroidissement ne conserve aucune trace de ferromagnétisme, elle s'est transformée d'une manière irréversible (*op. cit.*); cette transformation est déjà décelable aux températures supérieures à 140°.

Si nous remplaçons l'analyse thermomagnétique par un séjour du précipité pendant plusieurs heures dans l'eau à différentes températures, nous constatons que :

1° à 20°, quelle que soit la durée de l'expérience, le précipité ne devient pas ferromagnétique;

2° à 40°, l'augmentation de susceptibilité est déjà décelable après 40 heures;

3° à 100°, l'aimantation est très accusée après une ébullition de 30 minutes et atteint pratiquement sa limite au bout de 15 heures. Ce corps est alors assez fortement ferromagnétique.

Au lieu de laisser le précipité en contact avec l'eau, enlevons-lui celle-ci à froid (en présence de P^2O^5 par exemple, ou en le laissant se dessécher à l'air pendant un temps suffisamment long), il devient dès lors impossible d'obtenir une substance ferromagnétique quel que soit le traitement thermique utilisé postérieurement. *La présence de l'eau est donc indispensable à la production du corps ferromagnétique.*

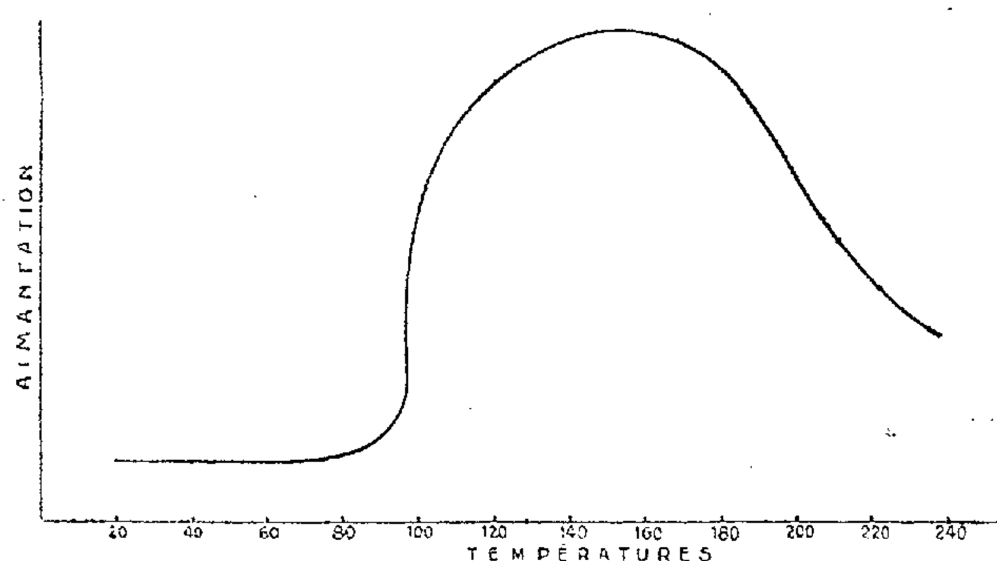
D'autre part, si nous traitons un échantillon fortement ferromagnétique (préparé à l'ébullition par exemple) par du cyanure de potassium à chaud jusqu'à disparition complète de l'oxyde CdO, nous constatons que les propriétés magnétiques n'ont pas varié : le ferromagnétisme n'est donc pas dû au ferrite *mais seulement à l'oxyde* Fe^2O^3 *sous une forme ferromagnétique instable.*

Le diagramme Debye-Sherrer de ce produit, bien qu'assez flou, correspond à celui que donne la magnétite : nous sommes donc en présence de la variété cubique du sesquioxyde de fer, qui est comme on le sait, fortement ferromagnétique.

Il semble que l'on pourrait expliquer la formation de ce corps par le processus suivant :

a. Précipitation simultanée : $Fe^2O^3 + CdO = Fe^2O^3 . CdO$.

b. Hydrolyse : $Fe^2O^3 . CdO + H^2O = Fe^2O^3$ (cubique inst.) $+ Cd(OH)^2$ sans passer par l'intermédiaire d'un hydrate stable (lépidocrocite) comme c'est parfois le cas pour le ferrite de sodium (¹); il rappelle plutôt le mode de formation des sesquioxydes de fer ferromagnétiques instables provenant de la décomposition des ferrites de glucinium (²) ou de l'hydrolyse des ferrites de potassium et de lithium (³).



Rappelons d'autre part que le précipité $Fe^2O^3 . CdO$ ne présentant pas de point de Curie à 675°, il ne peut plus exister d'oxyde Fe^2O^3 libre à cette température, celui-ci s'est donc recombiné à l'oxyde CdO avant 675°; la structure du produit chauffé au delà de 700° est d'ailleurs du type cubique à faces centrées, très voisine de celle du type spinelle (⁴).

Cet exemple montre, une fois de plus, la facilité avec laquelle on peut obtenir la variété cubique instable ferromagnétique du sesquioxyde de fer, lorsqu'il peut y avoir une scission entre les deux oxydes, dans les combinaisons $Fe^2O^3 . MO$.

(¹) G. CHAUDRON et A. GIRARD, *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 97 et A. GIRARD, *Thèse*, Lille 1935; S. GOLDSZTAUB, *Thèse*, Paris 1934.

(²) H. FORESTIER et M. GALAND, *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 733; H. FORESTIER et G. GUYOT-GUILLAIN, *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 720.

(³) A. GIRARD et G. CHAUDRON, *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 925; A. GIRARD, *loc. cit.*

(⁴) H. FORESTIER, *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 842.

CHIMIE MINÉRALE. — *Action combinée de l'hydrogène et de la chaleur sur les arséniates alcalino-terreux.* Note de M. **Henri Guérin**, présentée par M. Georges Urbain.

L'action de l'hydrogène sur les arséniates alcalino-terreux n'a fait l'objet jusqu'ici d'aucune étude systématique.

Au cours de recherches se rapportant à l'action de cet élément sur les diverses arséniates alcalino-terreux nous avons pu préciser un certain nombre de faits qui nous ont conduit aux conclusions suivantes.

I. *Arséniates tribasiques.* — *a.* L'arséniate tricalcique est réduit dès 400° en arsénite tricalcique qui est décomposé lui-même dès cette température avec formation d'eau,d'arsenic et d'oxyde de calcium.

b. L'hydrogène transforme l'arséniate tristrontique en arsénite correspondant à partir de 400°; ce n'est qu'au-dessus de 550° que cet arsénite fournit, sous l'action de l'hydrogène, de l'oxyde de strontium, de l'arsenic et de l'eau.

La réduction de l'arséniate tristrontique par l'hydrogène constitue entre 400 et 550° un mode de préparation de l'arsénite tristrontique, composé qui n'avait pu être isolé à l'état pur jusqu'ici.

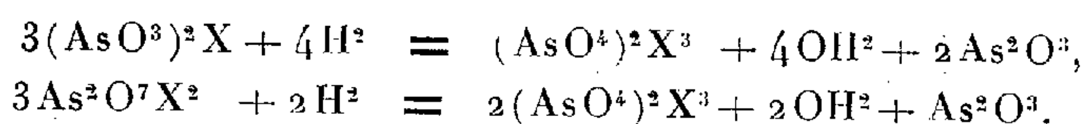
c. L'arséniate de baryum est réduit en arsénite tribarytique à partir de 450°; ce dernier n'est décomposé par l'hydrogène avec formation d'eau, d'arsenic et d'oxyde de baryum qu'au-dessus de 650°.

L'arséniure de baryum qui apparaît dans le résidu, à l'état de traces dès 700°, en quantité plus importante entre 750 et 900°, semble résulter de l'action de l'arsenic, provenant de la décomposition de l'arsénite sur la baryte fournie par cette même décomposition.

Traités par l'eau, les produits formés entre 750 et 900° donnent lieu à un dégagement d'hydrogène arsénié inodore. La baryte passe en solution et la partie insoluble est constituée par de l'arsenic brun. Cet arsenic semble préexister dans la masse obtenue au cours de la réduction, sous forme d'arsenic adsorbé par la baryte. On peut l'isoler de cette masse soit par chauffage dans le vide, soit par action de l'eau.

II. *Pyro et métaarséniates.* — 1° Sous l'action de l'hydrogène les méta et pyroarséniates alcalino-terreux se transforment dès 350° en ortho-

arséniates tribasiques conformément aux équations



$$3(AsO^3)^2X + 4H^2 = (AsO^4)^2X^3 + 4OH^2 + 2As^2O^3,$$
$$3As^2O^7X^2 + 2H^2 = 2(AsO^4)^2X^3 + 2OH^2 + As^2O^3.$$

2° L'anhydride arsénieux qui résulte de ces réactions est réduit par l'hydrogène avec libération d'arsenic. Entre 350 et 500° celui-ci est partiellement adsorbé par l'arséniate tribarytique sous une forme très divisée, de couleur brune, de densité voisine de 4.5.

3° Les arséniates tribasiques qui prennent ainsi naissance subissent des transformations identiques à celles indiquées dans la première partie de cette Note.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur une méthode de diagnose rapide et de dosage approximatif des alcools primaires, en présence des secondaires et des tertiaires, par formation d'éthers tritytiques.* Note de M. **Sébastien Sabetay**, présentée par M. Marcel Delépine.

Pour doser la totalité des alcools primaires, secondaires et tertiaires on dispose actuellement de plusieurs méthodes, plus ou moins facilement maniables (Boulez, Zerewitinoff, Glichitch). Le dosage des alcools primaires et secondaires à côté des tertiaires a trouvé ces derniers temps des solutions satisfaisantes dans les procédés d'acétylation et de phtalisation pyridinée (Delaby-Breugnot-Sabetay, Radcliffe-Chadderton, Glichitch-Naves. Au contraire, le dosage des alcools primaires à côté des secondaires et tertiaires n'a pas trouvé jusqu'à présent une réalisation pratique. La phtalisation benzénique (Stephan, Schimmel) n'est nullement spécifique, comme voudraient le faire croire les traités d'analyse. Glichitch et Naves ont trouvé 39,6 pour 100 dans le cas du menthol et 52,7 pour 100 dans celui du bornéol.

La propriété que possède le triphénylchlorométhane (chlorure de trityle) de donner avec les alcools et les phénols des éthers trityliques d'après l'équation $(C^6H^5)^3C.Cl + ROH = (C^6H^5)^3COR + HCl$ est connue depuis longtemps, mais c'est le mérite de B. Helfferich et de ses collaborateurs d'avoir montré qu'en milieu pyridinique, à froid ou à chaud, et dans le cas des alcools, c'est surtout la fonction alcool primaire qui se trityle. Un procédé d'analyse basé sur ce fait ne semble pas avoir été élaboré. Nous avons trouvé que, par chauffage d'un alcool (ou glycol) avec un excédent de

chlorure de trityle dans le toluène (ou le benzène, le xylène ou un autre solvant neutre) la tritylation s'effectue principalement sur la fonction alcool primaire. L'acide chlorhydrique résultant, reçu dans de la potasse aqueuse titrée ou dans du nitrate d'argent alcoolique N/5, mesure le degré de la tritylation. Plusieurs arguments d'ordre théorique semblaient s'opposer à l'emploi de ce mode opératoire : action de ClH sur le solvant, sur les esters éventuellement présents ou sur les éthers tritytiques, fixation de ClH sur les doubles liaisons ou chloruration de la fonction OH, fixation du groupement tritylique sur le noyau benzénique dans le cas des alcools aliphatiques-aromatiques, etc., mais l'expérience a prouvé que ces réactions ne se produisent qu'à un degré négligeable.

Pratiquement on procède de la façon suivante :

Dans le ballon Zeisel en pyrex (type Palfray), on dissout 2^{g} de chlorure de trityle dans 20$^{cm^3}$ de toluène pur. On monte l'appareil, qui doit être rigoureusement sec, mais sans phosphore rouge et on le bouche simplement avec du liège. On chauffe une demi-heure à faible ébullition avec une veilleuse en faisant barboter un courant modéré de CO^2, préalablement desséché sur SO^4H^2 concentré. On laisse refroidir, balaie par un courant d'air le tube réfrigérant et remonte le tout après avoir eu soin d'ajouter dans le ballon 0,1-0^{g},5 d'alcool à analyser, rigoureusement privé d'eau. On chauffe à douce ébullition pendant 40 minutes à 1 heure et demie selon le cas particulier, en faisant barboter CO^2 et en recevant le ClH résultant dans une fiole contenant 20$^{cm^3}$ NO^3Ag $n/5$ alcoolique.

On lave à l'eau les parties ayant été en contact avec le nitrate d'argent et titre en retour dans le même vase par le sulfocyanure en présence d'alun de fer comme indicateur. Le pourcentage en alcool primaire se calcule d'après la formule

$$\frac{\text{cm}^3\,NO^3Ag\;n/10 \times \text{P.M.}}{p \times 100 \times n} \qquad (p = \text{prise d'esssai, } n = \text{valence de l'alcool}).$$

Dans le cas des *alcools primaires* la tritylation est de l'ordre de 80-90 pour 100, par chauffage pendant 40 minutes et de 90-95 pour 100 par chauffage pendant 1 heure et demie. C'est ainsi que nous avons trouvé (le premier nombre ou un nombre unique indique le taux de tritylation pour 40 minutes, le second pour 1 heure et demie) les pourcentages suivants pour les alcools : *n*-octylique, 88, 94,5; géraniol, 78, 91; cétylique commercial, 83,3, 88,9; citronellol, 90; diméthyloctanol, 89,8, 93,7; benzylique, 86,8, 91,9; phényléthylique, 85,7, 96; cinnamique, 78, 93,1; phénylpropylique, 87, 93,1; cuminique, 88, 94,2; furfurylique, 86,1. En ce qui concerne les *alcools secondaires* le taux de tritylation est nettement plus bas. On a trouvé : cyclohexanol, 14,4, 25,1; menthol, 5,4, 9,8; bornéol, 9, 19,3; méthylbenzylcarbinol, 9, 14,9; tétrahydroionol, 16,2, 24,9; lactate d'éthyle, 2,2, 4,8; huile de ricin, 9 °/₀ de triricinoléine; cholestérol,

27; ergostérol, 29,7, 43,2. Les *alcools tertiaires* se tritylent légèrement : linalol, 2,2, 5,6; terpinéol, 1,8, 3,9; méthyléthylbenzylcarbinol, 1. Les *phénols* réagissent incomplètement : phénol, 19,3; eugénol, 10; *p*-oxybenzoate de méthyle, 17; résorcine, 27,5. Quant aux *amines*, on constate qu'une bonne partie de ClH est fixée sous forme de chlorhydrate insoluble dans le toluène. Les *glycols* se tritylent principalement à la fonction alcool primaire; on a donc un moyen rapide pour distinguer les glycols biprimaires, primaires-secondaires, bisecondaires, etc. C'est ainsi qu'on trouve en calculant pour la fonction alcool primaire : diéthylèneglycol, 87,8; α-monobenzylglycérine, 90,1; tartrate d'éthyle, 2,3, 4,9; phénylglycol, 90,6; benzoïne, 6,5, 11,8. Quand les OH sont fixés sur le noyau hydroaromatique, les résultats sont défavorables (quinite, 33,6). Les *esters* ne gênent pas et ne sont pas saponifiés par le ClH dégagé. Dans le cas des mélanges d'alcools primaire, secondaire et tertiaire, on trouve le plus souvent par le *jeu des compensations*, en choisissant une durée de tritylation favorable, des résultats suffisamment exacts. Un mélange contenant (en pour 100) 36,4 d'alcool phényléthylique, 32,6 de méthylbenzylcarbinol et 31 de linalol nous a donné au bout de 40 minutes, 33,1 d'alcool primaire; un autre contenant 74,8 de diméthyloctanol, 11,6 de bornéol et 13,7 de linalol, 63,6 (40 minutes) et 74,4 (1 heure et demie). Un troisième mélange contenant 22,6 de diméthyloctanol, 29,6 de bornéol et 47,8 de linalol, 20,4 d'alcool primaire (40 minutes).

Des résultats énoncés plus haut il résulte donc que la durée de trytilation et le solvant à employer dépendent de la nature des alcools. Ainsi, s'il s'agit simplement de diagnose, (alcools, glycols), on chauffe pendant 1 heure et demie : si le taux de la tritylation est supérieur à 80 pour 100 on pourra conclure à la présence de la fonction alcool primaire. Par ailleurs, une étude préliminaire sur le comportement de chaque alcool particulier peut être utile. Enfin pour des corps complètement insolubles dans le toluène, on choisira un solvant approprié. Dans le cas des alcools employés en parfumerie ou présents dans les huiles essentielles le toluène suffit amplement.

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Application de la distillation dans le vide cathodique à la définition des brais et des bitumes.* Note de M. **A. Vila**, transmise par M. Jules-Louis Breton.

Les brais de houille, mélanges de composés aromatiques oxygénés et azotés, sous-produits de l'industrie du gaz et de l'industrie des fours à

coke, offrent de grandes difficultés d'analyse en raison de la diversité de leurs constituants.

Les surchauffes prolongées supportées par ces produits dans les appareils industriels les ont fortement polymérisés, leurs fonctions chimiques dissimulées restent généralement inertes en présence des réactifs spécifiques et rendent vaines les tentatives de séparation.

Redistiller ces brais à la pression normale provoque de nouvelles décompositions. Dès le début de l'expérience, la distillation s'accompagne d'émissions gazeuses, caractéristiques de destructions moléculaires qui se poursuivent. C'est le phénomène dit du cracking.

Dans un vide de 10 à 15^{mm} de mercure, on distille sans observer de cracking tant que la température ne s'élève pas aux environs de 200 à 250°. Mais le rendement reste faible la plus grande partie du brai ne se vaporisant pas dans ces conditions.

Nous avons constaté qu'en pratiquant cette distillation sous un vide poussé (vide cathodique) on améliorait sensiblement le rendement des séparations, et qu'il devenait possible de caractériser les produits examinés en établissant un graphique des fractionnements.

La méthode s'applique aussi bien à d'autres produits résiduaires tels que les bitumes de pétrole, mélanges d'hydrocarbures gras et cycliques; elle semble devoir s'employer également aux brais d'huilerie et de stéarinerie.

Pour l'étude des brais on s'est servi d'un appareil à distillation fractionnée analogue à celui adopté par M. H. Weiss et ses élèves dans leurs recherches sur les lubréfiants.

Une trompe de Langmuir, à vapeur de mercure, à double effet produit dans le système un vide de l'ordre de 10^{-3} mm de mercure; ce vide est contrôlé à tout moment par l'extinction ou la luminosité d'un tube de Plücker. A l'extrémité de l'appareil un piège refroidi par de l'air liquide assure la condensation des vapeurs.

De nombreuses expériences ont permis d'isoler de brais d'origines variées de 20 à 85 pour 100 de produits fractionnables dans le vide cathodique, alors que les mêmes brais, traités dans un vide de trompe à eau ne laissent distiller que des quantités très inférieures.

La définition des goudrons, des brais ou des bitumes convenant, ou non, à la préparation des revêtements protecteurs des métaux peut être citée comme exemple d'application de cette méthode.

Pour entrer dans la composition des revêtements protégeant bien les matériaux, les produits doivent satisfaire à des exigences spéciales. Par

exemple, dans le cas des revêtements protecteurs des métaux corrodables, le produit devra contenir un minimum de substances résinoïdes stables. Il devra être susceptible de former une pellicule imperméable à l'eau, assez dure, adhérente au subjectile et suffisamment souple pour en épouser les petites déformations. En définitive assurer une protection antioxyde efficace.

Les matières possédant ou non ces qualités se distinguent précisément par des courbes de distillation dans le vide cathodique très différentes.

Dans le tableau ci-dessous les résultats trouvés caractérisent des fractionnements obtenus avec des vernis préparés à partir de produits résiduaires appartenant aux deux types de matières.

Origine des produits.	Rendement des fractions distillées entre 150° et 220°.	Rendement des fractions distillées entre 220° et le cracking.	Température du cracking.
a. Vernis donnant des revêtements solides.			
Brai d'usine à gaz	16 %	20 %	320°
Brai de cockerie	5	20	320
Bitume de pétrole	7	31	350
b. Vernis donnant des revêtements fragiles.			
Brai de cockerie	20	10	306
Bitume de pétrole	3	6	276

L'appréciation de la qualité solide ou fragile des revêtements se détermine en soumettant des éprouvettes d'acier, recouvertes de poids comparables de vernis préparés avec ces brais, à des épreuves d'usure artificielle rapide (¹).

On voit que les indications apportées par la distillation fractionnée dans le vide cathodique, en donnant les teneurs en corps utiles des produits examinés, complètent et précisent qualitativement les mesures physiques seules pratiquement usitées jusqu'ici pour définir les brais. Il est présumable que l'amélioration des rendements obtenus par cette méthode de séparation est de nature à apporter d'appréciables commodités dans l'étude chimique des brais et des bitumes.

(¹) A. Vila, *Recherches et Inventions*, n° 258, mars 1936, p. 79. *Appareil pour l'étude et la mesure de la résistance des revêtements protecteurs des métaux.*

CRISTALLOGRAPHIE. — *Étude du parazoxyanisol sous les états solide, liquide anisotrope et liquide isotrope.* Note de M. **Pierre Chatelain**, présentée par M. Aimé Cotton.

Obtenu par évaporation lente d'une solution dans l'éther, l'azoxyanisol solide se présente sous forme de cristaux monocliniques à symétrie holoédrique, limités le plus souvent par les faces (001), (100), (012), $(11\bar{1})$, qui font entre elles les angles suivants :

$(001)(100) : 108°20'$, $(012)(11\bar{1}) : 129°9'$,
$(012)(01\bar{2}) : 101°50'$, $(01\bar{2})(11\bar{1}) : 144°5'$.

Les paramètres cristallographiques, calculés à l'aide de ces valeurs, sont

$$a : b : c = 1,988 : 1 : 2,590, \qquad B = 108°20'.$$

Ces nombres sont en assez bon accord avec ceux déterminés au moyen des rayons X par Würstlin (¹).

Ces cristaux sont des biaxes positifs, le petit axe de l'ellipsoïde des indices est dirigé suivant l'axe binaire, le grand axe situé dans le plan de symétrie fait avec la face (001) un angle de 41°, il est parallèle à la rangée $[\bar{1}01]$. L'angle 2V des axes optiques, mesuré pour la raie D, vaut 14°.

Les indices ont été déterminés par la méthode du prisme utilisée précédemment pour l'azoxyphénétol (²); on obtient les résultats :

λ	$0^{\mu},650$.	$0^{\mu},589$.	$0^{\mu},546$.	$0^{\mu},492$.
n_p	1,559	1,565	1,570	1,580
n_m	1,568	1,573	1,580	1,589
n_g	2,148	2,212	2,275	»

L'azoxyanisol fond à 115° en donnant un liquide anisotrope qui passe à l'état de liquide isotrope à 134°.

J'ai fait une étude complète des indices du liquide en utilisant la méthode des anneaux de Newton déjà décrite (³) au sujet des mesures relatives à l'azoxyphénétol.

(¹) *Zeits. für Krist.*, 88, 1934, p. 185.
(²) P. Chatelain, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 266.
(³) P. Chatelain, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 412.

La précision est ici un peu moins grande car l'azoxyanisol peut donner non seulement des plages où l'axe des molécules est parallèle à la surface du verre, mais aussi des plages où il est perpendiculaire; il en résulte une plus grande difficulté à avoir de belles préparations; de plus chauffé trop longtemps l'azoxyanisol peut s'altérer.

Les résultats pour les diverses longueurs d'onde sont réunis dans le tableau ci-dessous :

		Liquide anisotrope.					Liquide isotrope.	
Température........		105°.	115°.	125°.	130°.	132°.	137°.	150°.
$\lambda = 0^{\mu},650$	n_e......	1,874	1,855	1,820	1,786	1,773	1,626	1,616
	n_0......	1,540	1,542	1,546	1,554	1,560		
$\lambda = 0^{\mu},546$	n_e......	1,912	1,890	1,852	1,820	1,803	1,655	1,644
	n_0......	1,560	1,562	1,565	1,574	1,580		
$\lambda = 0^{\mu},485$	n_e......	2,021	1,996	1,954	1,922	1,898	1,704	1,694
	n_0......	1,584	1,586	1,597	1,604	1,611		
$\lambda = 0^{\mu},436$	n_e......	2,180	2,148	2,096	2,052	2,028	1,788	1,774
	n_0......	1,662	1,666	1,676	1,686	1,692		

Ces nombres satisfont à la relation

$$\frac{1}{3}\left[\frac{n_e^2-1}{n_e^2+2}+2\frac{n_0^2-1}{n_0^2+2}\right]\frac{1}{d}=\frac{n_{\text{iso}}^2-1}{n_{\text{iso}}^2+2}\,\frac{1}{d'}=\text{const.}$$

La quantité $(n_e^2-1)/(n_e^2+2)-(n_0^2-1)/(n_0^2+2)$ est de la forme $f(\lambda)\,g(\mathrm{T})$ car le rapport des valeurs qu'elle prend pour deux longueurs d'ondes différentes est indépendant de la température.

Cet ensemble de résultats peut s'interpréter théoriquement de la façon suivante : représentons par $\psi(\varphi, \mathrm{T})$ le nombre de molécules qui, dans l'unité de volume d'une préparation orientée, font un angle φ avec la direction de l'axe optique à la température T. Si A, B, C sont les polarisibilités principales de la molécule, N le nombre d'Avogadro, M la masse moléculaire et d la densité de l'azoxyanisol, la polarisibilité de l'unité de volume est

$$\mathrm{P}z=\frac{\mathrm{N}\,d}{\mathrm{M}}\mathrm{C}-2\left(\mathrm{C}-\frac{\mathrm{A}+\mathrm{B}}{2}\right)\int_2^{\frac{\pi}{2}}\pi\,\psi(\varphi,\mathrm{T})\sin^3\varphi\,d\varphi,$$

suivant la direction parallèle à l'axe optique, et

$$\mathrm{P}y=\frac{\mathrm{N}d}{\mathrm{M}}\frac{\mathrm{A}+\mathrm{B}}{2}+\left(\mathrm{C}-\frac{\mathrm{A}+\mathrm{B}}{2}\right)\int_0^{\frac{\pi}{2}}\pi\,\psi(\varphi,\mathrm{T})\sin^3\varphi\,d\varphi,$$

suivant une direction perpendiculaire.

Or, si l'on néglige le champ moléculaire, on a

$$\frac{n_e^2-1}{n_e^2+2}=\frac{4\pi}{3}P_z, \qquad \frac{n_0^2-1}{n_0^2+2}=\frac{4\pi}{3}P_y;$$

d'où les relations

$$\frac{1}{3}\left(\frac{n_e^2-1}{n_e^2+2}+2\frac{n_0^2-1}{n_0^2+2}\right)\frac{1}{d}=\frac{4\pi}{3}\frac{N}{M}\frac{(A+B+C)}{3}=\text{const.},$$

$$\frac{n_e^2-1}{n_e^2+2}-\frac{n_0^2-1}{n_0^2+2}=\frac{4\pi}{3}\left(C-\frac{A+B}{2}\right)\left[\frac{N}{M}d-3\int_0^{\frac{\pi}{2}}\pi\psi(\varphi,T)\sin^3\varphi\,d\varphi\right].$$

Le terme hors crochets de la seconde relation ne dépend que de la longueur d'onde, tandis que le terme entre crochets ne dépend que de la température.

GÉOLOGIE. — *Le flanc méridional du synclinal de Tindouf dans les confins de la Mauritanie septentrionale*. Note de M. **Fernand Jacquet**, présentée par M. Charles Jacob.

Les études de N. Menchikoff ont fait connaître en 1930 ([1]) le flanc sud de la partie orientale du synclinal hercynien de Tindouf : la coupe typique d'Aouinet Legra débute, sur le Cristallin, avec un Silurien probable et s'élève par le Dévonien fossilifère jusqu'au Viséen caractérisé. En 1936 Th. Monod ([2]) recoupe le Silurien dans les mêmes parages et distingue lithologiquement, sous les schistes papyracés d'un Gothlandien douteux, un *Ordovicien typique;* le Gothlandien fossilifère reste inconnu.

Pour la partie occidentale du synclinal, les données géologiques antérieures sont fragmentaires. N. Menchikoff a reconnu en 1928 le Dévonien supérieur à Oum el Guetaa (SW de Tindouf). En 1935 il signale encore ([3]) le Dévonien moyen dans le Zemmour. En 1936, en rejoignant la Mauritanie par le Nord, j'ai pu traverser à mon tour l'Ouest du synclinal de Tindouf. Mes itinéraires recoupent tous les krebs du pays Mechems, en bordure de la Seguiet el Hamra; ils s'infléchissent ensuite vers l'Ouest, passent par Mgacem et Rgheoua et atteignent enfin le Zemmour.

La série du pays Mechems est monoclinale; l'orientation des couches est E-NE et les pendages N-NW varient entre 5 et 10°. Après la Hammada de

([1]) *Revue Géog. Phys.*, 3, II; *Thèse*, p. 26.

([2]) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1798.

([3]) *C. R. som. Soc. Géol. Fr.*, 4 février 1935, p. 37.

Tindouf, le premier kreb, au Sud de Hassi el Fokra, est formé de grès massifs, localement riches en *Spirifer*, *Rhynchonella* et *Pecten*. Sous ce kreb commence l'importante série schisto-calcaire de la Daia el Aam. Le sommet contient *Spirifer Verneuilli*, *Leptaena rhomboidalis* et *Schizophoria striata*. La partie moyenne est pétrie de Polypiers : *Cyathophyllum*, *Hexagoniophyllum*, *Phillipsastrea*. Sa base est constituée par des couches à *Calceola sandalina* recouvrant les horizons à *Spirifer* cf. *elegans*, *Sp. cultrijugatus* et *Sp. speciosus*. Sous la série de la Daia el Aam, le Dalaat el Admia est formé de grès à *Sp. Rousseaui*. De petites côtes plus inférieures correspondent à trois ou quatre dalles de calcaires à *Orthoceras*. Elles surmontent des grès et des schistes noirs qui reposent directement sur le Cristallin.

Vers le Sud-Ouest, à Mgacem et Rgheoua, les mêmes grès, avec des schistes intercalaires, s'appuient par un conglomérat sporadique sur les granito-gneiss du Karet.

Plus au Sud, dans le Zemmour, le synclinal de Tindouf, flanc Sud, orienté N-NE avec des pendages de 25 à 30°, se complique d'ondulations anticlinales secondaires avant de disparaître sous la Hammada El Hadeb. La série primaire est constituée, de haut en bas, par des grès massifs généralement sans fossiles. Cependant dans les régions méridionales ces grès sont coupés de schistes et de calcaires à *Stromatolithes*. Ils recouvrent des couches à *Spirifer* cf. *elegans* sous lesquelles des niveaux plus calcaires contiennent : *Atrypa reticularis*, *Orthis orbicularis*, *Productella aubaculeata* avec *Calceola sandalina*. Menchikoff a signalé en outre (25^{km} au N-NE de la Guelta de Zemmour) un *Anarcestes*, voisin de *A. Rouvillei* du Givétien inférieur de la Saoura. Les grès à *Tentaculites* et à *Spirifer* cf. *Rousseaui*, plus inférieurs, forment un kreb au dessus des calcaires fétides à Orthocères et à Graptolithes que j'ai découverts. Ces calcaires reposent sur des grès massifs dans lesquels s'intercalent, avec des schistes psammitiques, d'autres calcaires à Stromatolithes et à géodes de quartz. La base des grès est parfois légèrement conglomératique ; elle surmonte le cristallin.

En parallélisant les coupes précédentes avec celle d'Aouinet Legra on voit que les grès supérieurs, souvent sans fossiles, exceptionnellement *Spirifer* sp., représentent le Famennien tandis que les schistes et calcaires à *Sp. Verneuilli* sont frasniens. Les couches à Polypiers peuvent être considérées comme givétiennes et les niveaux à *Calceola sandalina*, *Spirifer* cf. *elegans*, *Sp. cultrijugatus*, *Sp. speciosus* constituent un Eifélien précis. Enfin on doit attribuer au Coblencien les grès à *Tentaculites* avec *Sp. Rousseaui;* seul le Gedinnien reste indécis. Au-dessous les couches calcaires

à *Orthoceras* et à *Monograptus* sont gothlandiennes. Les grès inférieurs, ordoviciens dans le sommet, peuvent descendre jusque dans le Cambrien.

En résumé, dans le flanc sud du synclinal de Tindouf, la partie orientale est dirigée E-NE et la partie occidentale s'infléchit jusqu'au N-NE. Le début du Primaire est représenté par une sédimentation gréseuse avec des épisodes calcaires littoraux. On observe dans les régions méridionales des couches à *Stromatolithes* comparables à celles des plateaux mauritaniens. Comme ces formes, probablement mécaniques, se retrouvent dans les couches dévoniennes du Zemmour, elles perdent la valeur stratigraphique qu'on était tenté de leur donner en essayant de les paralléliser avec les *Archœcyathus* cambriens du Maroc.

La transgression gothlandienne est marquée dans la Seguiet el Hamra et le Zemmour par les faciès calcaires à Orthocères et à Graptolithes. Les trois termes du Dévonien avec les faciès néritiques à *Spirifer* existent dans le pays Mechems. Dans le Zemmour, les deux termes inférieurs sont seuls caractérisés, une zone de faciès profond, type Saoura, atteint le massif de la Guelta au Givétien; les équivalents du Dévonien supérieur sont à chercher dans les faciès gréseux ou calcaires très littoraux. En définitive, au cours de l'époque dévonienne, la mer s'est retirée peu à peu vers le Nord et le Carbonifère ne paraît pas s'être déposé dans le Zemmour.

GÉOLOGIE. — *Stratigraphie des régions recouvertes par les roches vertes du Nord-Ouest de la Syrie.* Note de M. **Louis Dubertret**, présentée par M. Charles Jacob.

Le soubassement des roches vertes syriennes apparaît dans l'Amanus et au Dj. Akra. F. Frech (1) a donné une coupe qui doit être modifiée de l'Amanus. M. Blanckenhorn (2) y a signalé un grès à *Chonetes*, *Strophomena*, etc. Le Dj. Akra restait inconnu.

Coupe de l'Amanus sous le Miqber Tepe (frontière turque) :

I. *Primaire plissé.* — Schistes gréseux brun gris, subverticaux, WSW-ENE, monotones sur plusieurs 1000^{m}. Surface d'érosion régulière, subhorizontale. Grains de quartz (3), gros et fins, anguleux, feldspaths et micas, noyés dans une argile fine, qui a été peu comprimée. Frech y signale un *Bilobite* et *Acaste* sp, mais le Trilobite est,

(1) *Z. deutsch. geol. ges.*, Bd. 68, 1916, p. 1-325, pl. I-XXIV.

(2) *Grundzüge der geologie u. physik. Geographie von Nord-Syrien*, 1891.

(3) Mes plaques minces ont été examinées par M. Michel Lévy.

d'après ce que veulent bien m'indiquer le professeur Richter et Madame (Francfort, 1936), un *Dalmanitina* ordovicien, voisin de *D. solitaria* Barr. et *D. incerta* Deslongchamp.

II. *Primaire non plissé, subhorizontal* : *a. Grès quartziteux rose*, 380^m. Quartz de granite, à extinction roulante et zircon, feldspath acide, mica blanc, tourmaline; ciment de feldspath, kaolinite, finement séricíteux. Les grains, bien calibrés, roulés, indiquent des dunes.

b. Calcaire dolomitique gris, 160^m, concordant. Brèche de base (1 à 2^m) à galets calcaires clairs et schiste violacé, enveloppés dans du calcaire et du grès jaune. Au-dessus, calcaire gréseux dolomitisé, à mica clastique et rognons de silex, grès sombre et jaune brun. Puis, calcaire dolomitisé clair, recristallisé. Au sommet, 15^m de calcaire ferrugineux rose, à fragments de *Crinoïdes*.

c. Le calcaire passe à des alternances de fins lits de calcaire clair et de schiste séricíteux, verdâtre. Puis alternent des *schistes à séricite et des grès psammitiques*, 160^m. Quartz anguleux, à zircon; feldspath, mica blanc, sphène, tourmaline, rutile; ciment d'homatite rouge et de séricite.

d. Schistes rouge-violet à séricite. Environ 10^m.

III. *Secondaire transgressif, subhorizontal.* — Grosse brèche de calcaire dolomitique; puis dolomies, marnes et calcaires. Plusieurs 100^m. Faible discordance angulaire avec le Primaire. Faune très pauvre : *Radiolaires* dans la partie moyenne, calcaire avec rognons de silex (Jurassique?); *Radiolaires et Rosalina Linnei* dans des calcaires en plaquettes du sommet (base du Sénonien). Suivent les roches vertes.

La série I, séparée du complexe II par une discordance fondamentale, doit être calédonienne. Le complexe II serait surtout dévonien; le niveau II *c* est d'ailleurs très semblable aux psammites tournaisiennes du Dj. Abd el Aziz (1) (Djezireh). Le complexe III doit comprendre depuis le Trias jusqu'au Sénonien inférieur.

Le soubassement calédonien paraît être commun à l'Amanus et à l'Anti-Liban. Les dépôts post-calédoniens n'ont pas été intensément plissés dans l'Amanus (2).

Le *Djebel Akra* (Sud-Ouest d'Antioche) est un dôme aigu, à cœur jurassique et enveloppe crétacée accidentée. Voici une coupe à mi-hauteur, sur le versant sud :

Jurassique terminal, 10^m :

a. Fine brèche calcaire en gros bancs karstiques;

b. Lumachelle ferrugineuse, puis calcaire ferrugineux détritique;

---

(1) L. Dubertret, A. Keller et H. Vautrin, *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 1254.

(2) Cette conclusion est en opposition complète avec les descriptions de L. Kober, *Geologische Forschungen in Vorder-Asien*, 1915; *Denkschr. Math. Nat. Kl. K. Akad. Wisseusch., Wien*, **91**, p. 379-427, pl. I-III.

c. Calcaire noduleux à *Mytilus* (*Pachymytilus*) *crassissimus* Böhm. (Portlandien de Kelheim, Souabe) et *Nerinea* cf. *cochladaformis* Conr.;

d. Calcaire à *Burgundia ramosa* Pf., *Lovcenipora* ou *Monotripella* cf. *timorica* (dét. J. Pfender) et *Natica athleta* d'Orb. (dét. Delpey).

Aptien :

e. Calcaire marneux noduleux, verdâtre, à Foraminifères (Milioles) et *Nerinea Coquandiana* d'Orb. 10^m;

f. Calcaire oolithique jaune, puis blanc, pétri d'*Orbitolina conoidea-discoidea* Gras (det. Doncieux) et à *Nerinea forojuliensis* Pirona. $60\text{-}100^m$.

Albien-Cénomanien : Calaires et marnes pauvres en faune.

Turonien (?) : Récifs à Rudistes (Hippurites?) et *Nerinea pseudonobilis* Choffat.

Sénonien (?) : grès verdâtre à *Radiolaires* et Globigerines, dont *Rosalina Linnei*.

Sur la côte nord, affleure une brèche jurassique grossière, rouge, à *Cidaris eliasensis* de Loriol et *Diplocidaris* sp. surmontée de marnes vertes et calcaires aptiens. A proximité le calcaire est pétri d'*O. conoidea-discoidea*. Plus loin il contient *Choffatella decipiens* Schlumb. (dét. Doncieux).

La stratigraphie du Dj. Akra diffère de celle des Ansariyeh par le développement de faciès néritiques fossilifères dans le Jurassique terminal et par la grande puissance du calcaire à Orbitolines; elle est néanmoins très semblable. Les couches correspondantes de l'Amanus sont dolomisées et très pauvres en faune.

BOTANIQUE. — *Mode de formation, action et destinée du prehaustorium de* Cuscuta Epithymum *L. var.* Trifolii (*Bab. et Gibs*) *Trab.* Note de MM. **Maurice Hocquette** et **Léon Arsigny**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Le suçoir des différentes espèces constituant le genre *Cuscuta* est formé de deux organes d'origine différente : l'un le *prehaustorium* (présuçoir, proéminence primitive ou disque d'adhésion) résulte à la fois de l'hypertrophie des cellules épidermiques et corticales externes et de la multiplication des cellules corticales; l'autre, l'*haustorium* ou suçoir proprement dit, doit sa formation au fonctionnement d'un méristème situé dans la région interne du tissu cortical.

Le prehaustorium a été étudié par Granel, Peirce, Mirande, M. G. Thoday et Zender. Mais les conclusions de ces auteurs présentant des divergences assez importantes notamment en ce qui concerne son rôle, considéré comme étant purement mécanique par Granel et Zender, plus actif, nécrosant et dissolvant parPeirce, Mirande et A. G. Thoday, nous en avons

repris l'étude dans un cas de parasitisme de *Cuscuta epithymum* L. var. *Trifolii* (Bab. et Gibs) Trab. sur *Medicago sativa* (race flamande).

Nos observations ont été faites sur matériel fixé par les liquides de Benda et de Bouin et examiné en coupes de 5 microns après coloration à l'hématoxyline de Heindenhain.

Lorsque l'extrémité d'une tige de Cuscute rencontre, pendant une période d'irritabilité, un organe de la plante-hôte (tige ou feuille), en même temps que se développe l'haustorium dont la croissance s'accompagne d'une hypertrophie et d'un cloisonnement des cellules corticales voisines s'observant jusqu'à l'assise sous-épidermique, les cellules épidermiques du parasite s'allongent d'une façon presque uniforme dans toute la zone de contact.

Les éléments épidermiques deviennent de quatre à cinq fois plus hauts que les cellules normales; leur largeur ne diffère en général que très peu de celle des cellules ordinaires; ils se rétrécissent légèrement dans la région moyenne et s'étalent ensuite plus largement à la surface de la luzerne; ils acquièrent, alors que les cellules épidermiques normales présentent une hauteur et une largeur d'environ 20 microns, les dimensions moyennes suivantes : hauteur : 80 microns, largeur : région proximale, 15 microns; région médiane, 7 microns; région distale, 23 microns. Les cellules complètement évoluées perdent souvent leur adhérence latérale et s'isolent les unes des autres. La membrane de contact, très amincie par suite d'une résorption partielle et parfois totale de la couche cutinisée, fréquemment ondulée ou lobée après la différenciation cuticulaire, se moule très exactement sur la cuticule de Luzerne et, ainsi que l'avait très bien observé Granel, toutes les irrégularités de la surface épidermique de l'hôte sont exactement reproduites, avec inversion du relief sur la partie distale de la membrane des cellules épidermiques du préhaustorium.

Pendant l'accroissement cellulaire, la structure nucléaire se modifie. Le noyau s'hypertrophie, sa limite devient moins nette; les filaments chromatiques se teignent très faiblement et de petites granulations se colorant en noir franc par l'hématoxyline apparaissent disséminées dans l'enchylème nucléaire. La masse du nucléole augmente et son contour devient irrégulier. A cette phase d'accroissement du noyau correspond une hyper-activité amylogène.

Les cellules épidermiques et corticales de Luzerne dans les régions d'accolement, au-dessus de l'haustorium en formation ou plus loin, se montrent toujours morphologiquement intactes. Les dimensions cellulaires

et nucléaires, la morphologie du noyau et l'aspect de grains d'amidon sont identiques à ceux que l'on observe pour des cellules éloignées de la zone d'adhésion.

Les éléments préhaustoriaux, épidermiques et corticaux, situés en face du suçoir sont finalement détruits par écrasement et sous l'influence d'une secrétion des cellules hyphales, cellules actives du suçoir issues du fonctionnement du méristème. Le cytoplasme de ces cellules préhaustoriales se contracte; le noyau, qui ne manifeste un léger gonflement que dans les cellules épidermiques, perd la netteté de ses contours et se déforme; le nucléole disparaît peu à peu (on observe souvent alors la présence d'une région intranucléolaire moins chromophile que la périphérie) et enfin le noyau se résout en un amas informe de granulations chromatiques qui se dispersent et disparaissent dans le cytoplasme lui-même très altéré. Les cellules se déforment et sont bientôt réduites à leurs parois plus ou moins accolées entre lesquelles le contenu cellulaire est contracté en une masse informe. La région préhaustoriale située en face du suçoir disparaît ainsi avant qu'aucun phénomène pathologique ne soit apparu dans les tissus de l'hôte.

En résumé, nous avons constaté comme les auteurs cités la transformation des cellules épidermiques en éléments papilliformes dans toute la zone de contact des tiges de Cuscute en période d'irritabilité avec un organe de Luzerne. Au niveau du suçoir en transformation elle s'accompagne de l'accroissement du tissu cortical. Ce dernier phénomène contribue dans une large mesure à donner l'aspect d'une ventouse à la région du prehaustorium persistant après le développement du suçoir. Mais n'ayant jamais remarqué comme Peirce, Mirande et M. G. Thoday la moindre action des éléments du prehaustorium sur les cellules de l'hôte, ni leur introduction dans les tissus de Luzerne nous ne pouvons, comme ils le font, attribuer aux cellules de prehaustorium, chez le type que nous avons étudié, une action dissolvante que possèdent au contraire les cellules de l'haustorium et qui s'exerce même sur les éléments du prehaustorium situés en face du suçoir en formation. Ces résultats confirment les observations de Granel et de Zender, qui n'attribuent au prehaustorium qu'un rôle mécanique.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur l'origine botanique des drogues désignées au Brésil sous le nom de* Catuaba. Note de M. **Raymond Hamet**, présentée par M. Pierre-Augustin Dangeard.

Les drogues que l'on connaît au Brésil sous les noms de *Feuilles* et d'*Écorces de Catuaba*, et qu'on y utilise dans la thérapeutique humaine, proviennent en réalité de végétaux fort différents. Les *Feuilles de Catuaba* (1) sont, on le sait depuis les travaux de T. Peckolt (2), R. Albino (3) et Pio Correa (4), celles de deux Bignoniacées, les *Anemopægma mirandum* A. DC. et *A. glaucum* M. Quant aux *Écorces de Catuaba*, on les a attribuées jusqu'ici à un *Erythroxylon* inconnu des botanistes, l'*E. Catuaba* (5), mais l'inexactitude de cette attribution nous a été révélée par l'étude histologique de quelques échantillons de ces écorces qui avaient été mis à notre disposition par le professeur Goris. Les résultats de cette étude peuvent être schématiquement résumés comme suit :

Le suber est constitué par quelques assises de cellules tabulaires. La région corticale est caractérisée par la présence, au sein d'un parenchyme cellulosique, de sclérocytes grossièrement hexagonaux qui, comme leur lumen, sont plus étroits dans le sens radial que dans le sens tangentiel et dont les parois fortement épaissies sont canaliculées-ponctuées; ces sclérocytes sont groupés, sur deux arcs superposés, en bandes tangentielles plus ou moins larges mais réduites à 1-3 assises d'éléments. La région libérienne, qui est de beaucoup la plus développée, est formée d'un tissu fondamental à parois minces dans lequel sont inclus, d'une part, de très nombreux éléments criblés, oblitérés et réduits par soudure à l'état de cordons collenchymateux, d'autre part des amas de stéréides qui, comme leur lumen, sont à peu près circulaires ou un peu plus étroites dans le sens radial que dans le sens tangentiel et dont les parois très fortement épaissies sont nettement

---

(1) A dire vrai, on utilise au Brésil, sous cette dénomination, non seulement les feuilles mais encore les tiges et les racines de ces *Anemopægma*.

(2) *Ber. d. D. pharm. Gesellsch.*, **21**, 1911, p. 354.

(3) *Rev. Brasil. de Med. e Pharm.*, 3, 1927, p. 55.

(4) *Diccionario das plantas uteis do Brasil*, **2**, p. 150, Rio de Janeiro, 1931.

(5) A. Jose da Silva, *Estudo botanico e chimico da Catuaba*, Thèse doct. méd., Bahia, 1904.

canaliculées-ponctuées; ces amas qui, sur une coupe transversale, ont une forme générale grossièrement lancéolée sont disposés assez irrégulièrement sur une dizaine d'arcs superposés; ils sont, de ci de là, traversés dans le sens radial, soit par une file de cellules qui sont plus étroites tangentiellement que radialement et qui ont des parois assez peu épaissies lignifiées et canaliculées-ponctuées, soit par quelques assises d'éléments cellulosiques à parois minces. Enfin ils sont complètement entourés d'un véritable *cristarque* (1), c'est-à-dire de cellules lignifiées à peu près isodiamétriques dont les parois latérales et internes un peu épaissies enchatonnent dans chacune d'elles un cristal solitaire et non maclé d'oxalate de calcium. Il convient de noter que de telles cellules oxalifères s'observent souvent au contact des amas sclérenchymateux du tissu cortical, mais elles n'y existent qu'en assez petit nombre et y sont irrégulièrement disposées.

Nous appuyant sur l'existence de ces caractères qui sont très voisins de ceux qui ont été attribués aux écorces de certaines Méliacées américaines du genre *Guarea* (2), nous basant aussi sur les résultats de l'étude histologique de quelques tiges feuillées d'*Erythroxylon Catuaba* faisant partie des collections de la Chaire de Matière Médicale de la Faculté de Pharmacie de Paris, nous fondant enfin sur la description que A. José da Silva a donnée des fruits de ce prétendu *Erythroxylon* — description qui est certes entachée d'erreurs d'interprétation, mais qui cependant, comparée avec celles que Jussieu et Decandolle ont laissées des fruits de *Trichilia* et rapprochée de ce que nous a appris l'examen des échantillons de ce genre qui sont conservés dans les Herbiers du Muséum, nous a permis de penser qu'ils proviennent d'une espèce de ce genre — nous nous croyons autorisé à admettre que la drogue brésilienne désignée sous le nom d'*Écorces de Catuaba* est fournie par des Méliacées du genre *Trichilia;* nous disons par *des* Méliacées, car de ce que la plante décrite par José da Silva est glabre alors que celle que nous avons vue dans les collections de la Faculté de Pharmacie est velue, nous devons conclure que très vraisemblablement cette désignation s'applique au moins à deux espèces différentes de *Trichilia*.

---

(1) PH. VAN TIEGHEM, *Bull. du Mus. d'Hist. natur.*, 9, 1903, p. 287.

(2) SCHRENK, ex H.-H. RUSBY, *Bull. of Pharm.*, 7, 1893, p. 353; W. MITLACHER, *Zeitschr. allgem. österr. Apoth. Ver.*, 38, 1900, p. 630.

HISTOLOGIE. — *Les* bactéroïdes *des Lombriciens et leurs rapports avec la sarcolyse*. Note ([1]) de M. **René Couteaux**, présentée par M. Paul Marchal.

Cerfontaine a signalé dès 1890 des « corpuscules bacilliformes » disposés en amas dans le tissu conjonctif des Oligochètes. Cuénot les décrit à nouveau en 1898 sous le nom de *bactéroïdes* ([2]) qui leur est ensuite resté. Plusieurs auteurs se sont attachés depuis à découvrir la nature et l'origine de ces éléments. Sans vouloir faire un historique détaillé des controverses auxquelles les bactéroïdes des Oligochètes ont déjà donné lieu, rappelons que deux thèses se sont affrontées longtemps : l'une, soutenue la première fois par Cerfontaine, assimile les bactéroïdes à de véritables bactéries, l'autre les range parmi les cristaux, Willem et Minne (1900) précisant même qu'il s'agit de cristaux d'acide urique.

Il faut attendre les travaux de Knop (1926) et Butschowitz (1931) pour que ce débat sur la nature des bactéroïdes soit tranché d'une manière qui semble définitive.

Knop, à l'occasion d'une étude approfondie des bactéries de l'ampoule néphridienne, montre que les bactéroïdes des Lombrics ne peuvent être confondus avec de véritables bactéries. Butschowitz ([3]) complète la démonstration de Knop et précise toutes les différences physiques et tinctoriales qui les séparent des bactéries; ses recherches nous permettent de considérer les bactéroïdes comme des cristaux de nature albuminoïde.

La signification physiologique de ces amas de cristaux reste toutefois très mal connue. Ce seraient pour Butschowitz des matériaux de réserve du tissu conjonctif, mais aucun fait n'est venu jusqu'à maintenant appuyer cette interprétation. Certaines observations m'ont, au contraire, amené à envisager la question d'un tout autre biais.

J'ai, en effet, constaté que la musculature des Lombriciens est souvent le siège d'une sarcolyse, généralement assez discrète, commençant longtemps

---

([1]) Séance du 23 novembre 1936.

([2]) Les bactériologistes désignent aussi par ce terme les formes d'involution de certaines bactéries, mais, contrairement à ce qu'ont cru comprendre quelques auteurs, Cuénot n'en use ici que pour souligner les ressemblances de ces corpuscules avec des bactéries, sans se prononcer sur leur véritable nature; la conclusion de son mémoire, où il en parle comme de cristalloïdes, marque en effet une prudente réserve.

([3]) *Biol. Zentralbl.*, 51, 1931, p. 337.

avant l'apparition des tubercules de la puberté, mais qui rappelle cependant, par ses sarcolytes amphioxes, celle que Dehorne (1922) et A. Prenant (1929) ont étudiée chez les Polychètes à maturité sexuelle. Beaucoup de ces sarcolytes tombent dans la cavité cœlomique, mais un certain nombre d'entre eux restent enclavés dans les mailles du réseau conjonctif intramusculaire.

Ces notions, qui semblent avoir été jusqu'à présent méconnues, m'ont conduit à rechercher si les bactéroïdes ne résulteraient pas de la destruction de sarcolytes au sein du tissu conjonctif.

La distribution des amas de bactéroïdes dans le tissu conjonctif s'accorderait très bien avec cette hypothèse. Il est, en effet, à remarquer qu'on les trouve le plus souvent au voisinage immédiat de fibres musculaires ([1]); en revanche (Butschowitz en a également été frappé) les bactéroïdes font presque défaut au niveau de la région clitellaire qui se trouve être justement la région du corps où la musculature est le moins développée.

Notons également, en faveur de notre point de vue, que certains cristalloïdes, décrits par Romieu ([2]) dans les éléocytes de Perinereis et qui résultent, d'après Dehorne ([3]), de la dissociation de sarcolytes amphioxes, semblent s'apparenter aux bactéroïdes; il s'agit, en effet, d'inclusions albuminoïdes, de forme plus ou moins rhombique, mais douées d'affinités colorantes analogues à celles des bactéroïdes.

Pour établir plus directement une corrélation entre la présence des bactéroïdes et la sarcolyse, nous avons cherché à provoquer expérimentalement une dégénérescence massive des fibres annulaires de la musculature pariétale, au niveau desquelles les bactéroïdes se montrent d'ordinaire assez abondants.

C'est ce qui a été réalisé chez *Lumbricus terrestris* L., par la section des fibres annulaires de la tunique musculaire externe sur la longueur de plusieurs anneaux. Il est facile de suivre l'évolution de cette lésion expérimentale en pratiquant des coupes histologiques dans une série d'individus, sacrifiés à des époques différentes de la cicatrisation. La brèche ouverte dans la paroi du corps est vite comblée par un tissu scléreux auquel se joignent de nombreux amoebocytes. De part et d'autre de ce bloc cicatriciel, les fibres musculaires lésées dégénèrent; elles donnent naissance à des

---

([1]) Les nombreux bactéroïdes épars dans la gaine conjonctive de la chaîne ganglionnaire ventrale n'échappent pas à cette règle puisqu'ils se trouvent au contact des fibres musculaires qui revêtent l'axe nerveux dans toute sa longueur.

([2]) *Comptes rendus*, **173**, 1921, p. 246.

([3]) *Comptes rendus*, **174**, 1922, p. 1043.

sarcolytes qui restent emprisonnés dans les alvéoles cylindriques que les lamelles de myoplasme occupaient avant leur dégénérescence. La plupart de ces sarcolytes subissent bientôt un morcellement qui aboutit, trois à quatre semaines après la section, à leur complète désagrégation.

L'examen de coupes histologiques pratiquées à la phase de morcellement des sarcolytes montre une très grande quantité de bactéroïdes, intimement mêlés à leurs débris. La contraction importante que les anneaux subissent au niveau des régions sarcolysées ne peut suffire à expliquer cette densité insolite de bactéroïdes; d'ailleurs, les bactéroïdes apparaissent ici par foyers, coïncidant avec les zones où la désagrégation des sarcolytes est le plus avancée.

De telles constatations, s'ajoutant à celles que nous avons déjà rapportées plus haut, nous incitent donc à penser que les bactéroïdes se forment aux dépens des sarcolytes; ils résulteraient ainsi des remaniements incessants dont la musculature des Lombrics est le siège.

Ajoutons que la trame conjonctive du muscle, survivant à la sarcolyse, joue sans nul doute un rôle important dans la destruction des sarcolytes qu'elle tient enserrés dans ses mailles; il paraît donc probable que le tissu conjonctif intervienne assez directement dans la formation des bactéroïdes.

ZOOLOGIE. — *Dans quelles limites l'écérébration des larves de Lépidoptères est-elle compatible avec leur nymphose?* Note de M. **Jean-Jacques Bounhiol**, présentée par M. Maurice Caullery.

Des chenilles de *Lymantria dispar*, L., chirurgicalement écérébrées, ne se métamorphoseraient que si l'ablation est pratiquée après une *période critique* située du 7e au 10e jour après la dernière mue de la vie active, c'est-à-dire celle précédant la mue nymphale (St. Kopeč, 1917 et 1922). Partant de ces résultats et de ceux d'expériences ultérieures (1924) de restriction alimentaire chez le même lépidoptère, Kopeč a conçu et énoncé une théorie cérébrale de la métamorphose, qui n'a été depuis, sauf erreur, ni infirmée ni confirmée.

Nous avons décidé de reprendre cette question et, dans la présente Note, exposons chronologiquement les résultats obtenus chez deux autres Lépidoptères.

Chez *Galleria mellonella*, L., (23 écérébrations), l'âge des chenilles au moment de l'opération s'échelonnait du 3e au 8e jour après la d. m. (abré-

viation de : dernière mue de la vie active). La plupart survécurent à l'état de chenilles et, d'autant plus longtemps, qu'elles furent opérées plus près de la taille et de l'accumulation maxima de réserves. Cette survie atteignit 29 jours, soit plus que la durée totale d'une vie larvaire normale de l'éclosion à la nymphose.

Les trois seules nymphes obtenues proviennent de larves opérées le 8e jour après la d. m. Or, à la température de nos élevages (32-34° C.), le dernier âge larvaire dure 8,5 à 9 jours; les chenilles cessent de se nourrir et commencent à filer le 4e ou le 5e jour; s'immobilisent et fléchissent leur tête sur leur corps à la fin du 8e ou au début du 9e et subissent leur mue nymphale 12 heures après le début de cette flexion.

Il était permis de se demander si, à un moment aussi tardif (dans les 24 heures précédant l'époque normale de la mue nymphale), l'ablation d'un organe quelconque pouvait influer sur des phénomènes pour le moins imminents, sinon déjà amorcés, puisqu'ils se traduisent quelques heures après par des changements d'aspect importants (translucidité, flexion céphalique, etc.). D'autre part, Kopeč ne dit pas le moment où les *Lymantria* de ses élevages cessaient de manger, fléchissaient leur tête, etc. La durée du dernier âge chez les témoins apparaît très variable (9 à 20 jours). En se basant sur une moyenne de 14 jours, la nymphose chez les *Lymantria* se produirait après des écérébrations cependant plus précoces que chez *Galleria*.

Nous avons ensuite écérébré 73 vers à soie, *Bombyx mori* L., dont l'âge s'échelonnait de 24 heures (après la d. m.) jusqu'au 17e ou 18e jours après la d. m. Nous avons obtenu 25 nymphes, dont 8 se sont dépouillées spontanément; 4 ont survécu plus de 15 jours (durée normale de la vie nymphale). Toutes ces nymphes proviennent de chenilles opérées après le 9e jour; si l'écérébration a lieu passé le 12e jour, plus des 4/5e des opérés donnent des nymphes.

Or, dans les conditions de notre élevage, les vers cessaient de s'alimenter vers le 12e ou 13e jour, commençaient à filer du 13e ou 15e, s'immobilisaient vers le 17e et subissaient la mue nymphale du 18e au 20e jour.

On peut donc, sans faire obstacle à la nymphose, écérébrer un ver à soie *comparativement beaucoup plus précocement qu'une « Lymantria »* et, *a fortiori* qu'une *Galleria*.

De nombreux sujets ont été fixés, plus ou moins longtemps après l'opération, en vue d'une étude histologique.

En résumé, l'écérébration, au dernier âge, des chenilles de *Galleria* et de *Bombyx* empêche la nymphose à moins, comme l'avait montré Kopeč

chez *Lymantria*, que l'opération ne soit pratiquée, passée une certaine « période critique » dont la précocité est très différente suivant les espèces. Elle est franchie, en effet, dès que les chenilles de *Galleria*, *Lymantria* et de *Bombyx* ont sensiblement vécu respectivement les 9/10e, 7/10e et 5,5/10e de leur dernier âge. Corollaire important, non signalé par Kopeč, le ver à soie peut être, sans que la nymphose soit beaucoup retardée, écérébré deux jours avant la fin de la période normale d'alimentation, c'est-à-dire avant l'acquisition de la taille et des réserves maxima.

Cependant le rôle des ganglions cérébroïdes est trop complexe pour que les résultats précédents puissent, à notre avis, être interprétés comme une preuve de l'action *directe* de ces organes dans les phénomènes prémonitoires de la nymphose.

PHYSIOLOGIE DU SANG. — *Recherches sur le rôle des hormones dans les variations physiologiques du taux réticulocytaire chez la lapine* (¹). Note de M. **Pierre Nicolle**, présentée par M. Félix Mesnil.

Nous avons décrit (²) des réticulocytopénies de l'œstre, du prépartum, de la lactation, les réticulocytoses de la gestation et de l'ablactation.

Nous nous demandions si ces variations n'étaient pas sous la dépendance des hormones qui régissent ces divers états physiologiques.

Pour répondre à cette question, nous avons d'abord étudié l'action de la folliculine sur le taux réticulocytaire et nous sommes arrivé aux conclusions suivantes :

La folliculine possède incontestablement la propriété de faire baisser le taux réticulocytaire des lapines adultes. L'effet est périodique, et dans une certaine mesure, non proportionné aux doses. L'action est plus nette chez la femelles que chez le mâle, chez la mère que chez la femelle normale. Elle atteint un degré extrême chez la femelle en gestation. La répétition produit des effets de plus en plus atténués.

La périodicité de l'effet montre nettement que, dans la réticulocytopénie du prépartum, la folliculine n'est pas seule en cause. Elle agit vraisem-

(¹) Nous donnerons le détail de nos expériences dans les *Archives de l'Institut Pasteur de Tunis*, 26, 1, 1937 (à l'impression).

(²) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 1023.

blablement en synergie avec d'autres hormones, l'hormone du corps jaune en particulier.

La folliculine seule, par contre, reproduit en les exagérant les ondes de la réticulocytopénie œstrale. Nous avons vérifié, à l'autopsie de nombreuses femelles, la concordance constante de la réticulocytopénie folliculinique et de l'état congestif, hémorragique même, de la muqueuse utérine.

L'hormone du lobe antérieur de l'hypophyse (prolan, anthypophyse) provoque, au contraire, une importante réticulocytose. Ceci expliquerait pourquoi, pendant les deux premiers tiers de la gestation, le taux réticulocytaire va en augmentant. On sait, en effet, que le prolan apparaît très tôt dans l'urine de gestante, et que sa courbe passe par un maximum bien avant que la courbe de la folliculine n'atteigne le sien.

D'autre part, on sait le rôle que joue l'hormone du lobe antérieur de l'hypophyse comme excitant de la lactation. Nous retrouvons, encore une fois, une relation entre les réticulocytes et la secrétion lactée.

En présence de ces résultats, nous nous sommes demandé quel serait l'effet de l'urine de femme enceinte sur le taux réticulocytaire. Nous n'avons utilisé dans ces expériences préliminaires que l'urine d'une même femme entre le septième et le huitième mois de la grossesse.

On sait qu'à la fin de la grossesse, l'urine est une source importante de folliculine. Il était probable que l'effet des injections d'urine, à la fin de la grossesse, reproduirait celui de la folliculine. Ce n'était pas certain puisque nous venons de voir que le prolan, présent également dans l'urine de femme enceinte, possède une action inverse sur les réticulocytes.

Nous avons constaté que l'urine de femme enceinte provoquait toujours une réticulocytopénie importante, évoluant par ondes successives, entrecoupées de retour au niveau normal, mais sans réticulocytose.

Au contraire, l'urine de femme non enceinte provoque, après une courte et faible diminution (inconstante) du taux réticulocytaire, une réticulocytose souvent importante et prolongée.

Nous avons noté, d'autre part, que l'hypoglobulie était généralement moins intense après l'injection d'urine de femme enceinte qu'après l'injection d'urine de femme non enceinte.

Enfin, il semble qu'il y ait, vis-à-vis des réticulocytes comme vis-à-vis de la sécrétion lactée, un antagonisme entre l'hormone placentaire et l'hormone hypophysaire : à doses convenables, la folliculine s'est montrée capable d'empêcher la réponse réticulocytaire à l'injection d'extrait de

lobe antérieur de l'hypophyse, et même d'atténuer sensiblement l'intensité de l'hypoglobulie qui fait suite à cette injection.

Conclusions. — Ces résultats montrent nettement que :

1° Le taux réticulocytaire est influencé par les hormones de l'œstre de la gestation et de la lactation.

2° Ils apportent des arguments en faveur de l'hypothèse d'un rôle actif ou passif des réticulocytes dans la formation de certains éléments du lait.

3° L'action inhibitrice de la folliculine sur la sécrétion lactée s'accompagne d'une action inhibitrice sur la réticulocytose anté-hypophysaire.

4° Il nous paraît intéressant de souligner l'action de l'urine de femme enceinte sur le taux réticulocytaire. Nous nous proposons d'étudier dans quelle mesure cette action pourrait servir au diagnostic biologique de la grossesse.

5° Si faible qu'elle soit, l'action empêchante de la folliculine sur l'hypoglobulie provoquée, soit par l'extrait de lobe antérieur de l'hypophyse, soit par les injections d'urine, offre, croyons-nous, un grand intérêt, tout au moins théorique.

PHYSIOLOGIE COMPARÉE. — *Influence de la lumière solaire sur le vol des Lépidoptères diurnes.* Note de M. **Gabriel Guignon**, présentée par M. Paul Portier.

Il a été signalé (¹) que certaines espèces de Lépidoptères diurnes ne peuvent voler que sous les rayons du soleil. Nous avons reconnu que ce fait, particulièrement frappant chez les *Parnassiens*, qui se laissent tomber verticalement dès qu'un nuage vient voiler le soleil, était absolument général, mais variable en intensité suivant les espèces et nous en avons recherché l'interprétation physiologique.

Dans une série de travaux qui feront l'objet d'un exposé d'ensemble, nous avons mis en évidence l'existence d'une circulation sanguine dans l'aile des Lépidoptères en utilisant l'action convulsivante de la nicotine signalée par P. Portier (²).

On dépose une goutte de solution de nicotine à 10 pour 100 à l'angle

---

(¹) P. Portier, *Amateur de Papillons*, 11, janvier 1931, p. 165.

(²) *C. R. Société Biologie*, 105, 1930, p. 367 et 441.

apical de l'aile et l'on note le temps qui s'écoule entre l'instant du dépôt et le début de la crise (*temps de latence*). Cette crise, résultant ainsi que nous l'avons établi, de l'action sur les ganglions nerveux de la chaîne ventrale de la nicotine apportée par le sang, ce temps de latence est d'autant plus court que la circulation alaire est plus rapide et, par suite, l'inverse de ce temps de latence que nous nommons *vitesse d'intoxication* caractérise par suite, pour une température donnée, la vitesse de circulation sanguine alaire.

Nous avons étudié, d'autre part, l'influence de la température sur cette vitesse de circulation. La courbe des vitesses d'intoxication en fonction des températures présente une ascension régulière plus ou moins rapide et plus ou moins accentuée, suivant la température initiale (influence des températures antérieurement subies), mais ne présente pas de point d'inflexion.

Nous avons repris cette question en une double série d'expériences.

Première série. — Papillons placés en chaleur lumineuse (en opérant à des moments différents de la journée).

Deuxième série. — Papillons placés en chaleur obscure (à l'étuve).

La comparaison des deux courbes obtenues nous a montré que, pour une espèce donnée et à températures égales, la vitesse d'intoxication est notablement plus élevée à la lumière solaire qu'à l'obscurité (il ne saurait être question de variations individuelles, étant donné que nous avons opéré sur des lots et pris des moyennes).

Il y a donc autre chose qu'une question de température : il y a une question de radiations.

P. Portier et F. Emmanuel [1] ont précisément mis en évidence le pouvoir absorbant des ailes des Lépidoptères vis-à-vis des radiations lumino-calorifiques. Ils ont constaté l'inégalité de l'absorption suivant les couleurs différentes des taches formées sur les ailes par les écailles.

Il en résulterait, à notre sens, pour une aile donnée, l'existence de points à des températures nettement différentes ou *points de chauffe* qui détermineraient ou tout au moins activeraient dans l'aile la circulation sanguine et la circulation gazeuse, d'où accroissement de l'hématose alaire. Les muscles moteurs des ailes se trouveraient de ce fait suffisamment approvisionnés en oxygène pour permettre à l'insecte de fournir un vol soutenu.

Nous avons d'ailleurs eu confirmation de cette manière de voir à la suite d'expériences qui seront rapportées d'autre part.

---

[1] *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 568.

En résumé, nous pensons avoir établi que la lumière solaire intervient, au moins en partie, pour conditionner dans l'aile des Lépidoptères diurnes la double circulation sanguine et gazeuse, en déterminant, à la faveur d'un pouvoir absorbant calorifique très inégal des écailles, des points à températures très différentes que nous nommons *points de chauffe*.

BIOLOGIE. — *Le mode de répartition des sexes chez* Trichoniscus (Spiloniscus) provisorius. *L'hérédité de la monogénie.* Note de M. **Albert Vandel**, présentée par M. Maurice Caullery.

J'ai signalé ([1]) l'existence, chez *Trichoniscus provisorius*, de femelles deutérogènes (que je désignerai désormais sous le nom plus expressif d'*amphogènes*), engendrant les deux sexes et de femelles *monogènes*, dont la descendance est exclusivement mâle ou exclusivement femelle. Les femelles monogènes sont soit *arrhénogènes*, c'est-à-dire engendrant exclusivement (ou en grande majorité) des mâles, soit *thélygènes*, donnant exclusivement (ou en grande majorité) des femelles. J'ai essayé de préciser, au cours de recherches poursuivies depuis quatre ans, le comportement héréditaire de la monogénie.

1° *La monogénie est un phénomène héréditaire.* — Je n'ai observé qu'un seul cas où une femelle amphogène engendre des femelles monogènes, et un seul cas également où une femelle monogène donne naissance à des femelles amphogènes. Sauf ces deux exceptions, la descendance des femelles monogènes ne comprend jamais que des femelles monogènes, et celle des femelles amphogènes que des femelles amphogènes.

2° Le mode de répartition des sexes dans la descendance des femelles monogènes se trouve sous la dépendance exclusive de la mère. Je n'ai pu constater, en aucun cas, une influence du père sur la proportion sexuelle de la descendance. Il s'agit donc d'un type d'*hérédité maternelle* ou *cytoplasmique*. Cette hérédité cytoplasmique obéit à des règles d'une certaine fixité, mais qui sont cependant beaucoup moins précises que celle de l'hérédité chromosomique.

3° Les femelles arrhénogènes sont, soit des arrhénogènes parfaites, n'engendrant que des mâles, et quelques rares femelles que j'ai désignées sous le nom de *femelles exceptionnelles*. Les femelles thélygènes sont,

([1]) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 825-827.

soit des thélygènes parfaites ne donnant que des femelles, soit des thélygènes parfaites donnant une proportion variable de mâles que j'appelle *mâles exceptionnels*. Le comportement héréditaire des femelles exceptionnelles et des femelles thélygènes est assez différent.

4° Les femelles exceptionnelles sont toujours des femelles arrhénogènes, c'est-à-dire qu'elles appartiennent au même type que leur mère.

5° Le comportement héréditaire des femelles thélygènes est moins constant que celui des femelles arrhénogènes. Certaines femelles thélygènes engendrent des femelles qui sont toutes arrhénogènes (inversion totale du type sexuel dans la descendance).

6° Certaines femelles thélygènes engendrent des femelles dont les unes sont arrhénogènes et les autres thélygènes; la proportion des deux types de femelles est variable, mais le nombre de femelles arrhénogènes est presque toujours de beaucoup supérieur à celui des femelles thélygènes (inversion partielle du type sexuel dans la descendance).

7° Il apparaît, dans la descendance de certaines femelles monogènes, des femelles d'un type spécial qui donnent des portées, les unes du type arrhénogène, les autres du type thélygène (inversion du type sexuel, au cours des portées successives). Je propose de désigner ces femelles sous le nom d'*allélogènes*. Il ne s'agit pas là d'une inversion apparente du type sexuel, mais d'une inversion héréditaire, les femelles des portées arrhénogènes se comportant comme des femelles exceptionnelles, et les femelles des portées thélygènes comme des femelles thélygènes.

8° Les deux types de femelles semblent correspondre à deux types d'équilibre du cytoplasme. Le passage du type thélygène au type arrhénogène est fréquent; le passage inverse est exceptionnel et ne se rencontre que chez certaines femelles allélogènes.

9° La marche des processus héréditaires est troublée par l'action de certains facteurs externes, en particulier d'une température élevée. La proportion de femelles exceptionnelles produites par les femelles arrhénogènes imparfaites, et celle des mâles exceptionnels engendrés par les femelles thélygènes imparfaites, se trouve sous la dépendance de la température. Une température élevée a pour effet, dans les deux cas, d'augmenter le nombre des mâles et de diminuer le nombre des femelles. Dans le premier cas, la proportion de femelles exceptionnelles qui oscille entre 15 et 25 pour 100, à une température de 12-16°, descend de 3 à 9 pour 100, à une température de 18-21°. Dans le second cas, la proportion de femelles qui est de 75 à 90 pour 100, à une température de 12-16°, descend jusqu'à

35 pour 100, à une température de 18-21°. Dans ce cas, l'influence de la température peut être si marquée que la descendance des femelles thélygènes pourrait être prise pour celle d'une femelle amphogène. Les conditions qui règnent pendant les mois d'été pourraient donc induire en erreur l'observateur non averti.

Conclusions. — L'intérêt des résultats obtenus réside en ce qu'ils fournissent des termes de comparaison entre l'hérédité chromosomique et l'hérédité cytoplasmique, entre le génome et le plasmone (terme de F. von Wettstein). L'hérédité chromosomique, qui obéit à des lois d'une précision mathématique, est fonction de l'organisation si stable et si précise des chromosomes. L'hérédité cytoplasmique apparaît comme instable, le type héréditaire pouvant s'inverser, non seulement dans le passage d'une génération à la suivante, mais encore, dans la même femelle, au cours des portées successives. De plus, les manifestations de l'hérédité cytoplasmique sont fortement influencées par les facteurs externes. Si l'on se rappelle que les organismes les plus inférieurs que nous connaissions (Bactéries) sont encore dépourvus de noyau organisé, on ne peut guère échapper à la conclusion que l'hérédité du type mendélien et chromosomique représente une acquisition des organismes supérieurs, liée à la différenciation et à l'organisation du noyau, et leur assurant une stabilité inconnue chez les formes inférieures à hérédité cytoplasmique prédominante.

BIOPHYSIQUE. — *Ionisation de l'air par le cholestérol irradié.* Note [1] de MM. **A. H. Roffo** et **A. E. Roffo** Jr., présentée par M. Arsène d'Arsonval.

Étant donné l'ionisation produite, en général, par l'action des rayons ultraviolets, on pouvait se demander si l'émission des rayons par le cholestérol irradié, telle que nous l'avons constatée [2], ne s'accompagne pas, elle aussi, de phénomènes d'ionisation.

Technique expérimentale. — Pour mettre en évidence ce fait, nous avons employé une *chambre d'ionisation* ouverte, dont l'électrode centrale était rendue positive; la périphérie négative fut mise à la terre; l'électrode

---

[1] Séance du 23 novembre 1936.

[2] A. H. Roffo, *Bull. Inst. Med. Exp.*, 7, 1930, p. 555; A. H. Roffo et H. Digiorgi, *Bull. Inst. Med. Exp.*, 7, 1930, p. 970; A. H. Roffo et A. E. Roffo Jr., *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 1434, et *Bull. Inst. Med. Exp.*, 12, 1935, p. 301.

positive a été isolée au moyen d'ambre; la différence de potentiel entre les électrodes était de 200 volts obtenus par le frottement de crin à l'intérieur d'un cylindre d'ébonite. Le *galvanomètre* (Siemens et Halske) permettait d'apprécier des variations du potentiel de $1,0.10^{-11}$. Tout l'appareillage a été placé dans une chambre noire, à l'intérieur d'une cave.

Le cholestérol (Merck) a été *irradié* pendant 240 heures par une lampe à vapeur de mercure en quartz (Hanau); la substance a été placée à 30^{cm} du foyer. Comme point de *comparaison* des déviations de l'ampèremètre, on s'est servi de celles produites par un étalon d'uranium : ce dernier, connecté à la chambre d'ionisation, donnait une décharge en 47 secondes, correspondant à l'intensité de $1,82.10^{-10}$ ampère. On a tenu compte, dans les résultats obtenus, de la *température*, de la *pression atmosphérique* et du *degré hydroscopique ambiant*.

Conditions expérimentales.	Décharge en secondes. Non irradié.	Irradié.
Décharge spontanée	27000	
Décharge au contact de l'étalon d'uranium avec l'électrode positive	47	
Décharge au contact de cholestérol avec l'électrode positive	25400	50
Décharge lorsque le cholestérol est placé :		
au voisinage de la chambre d'ionisation à distance de 1^{mm} de l'électrode positive	25600	46
dans un tube de verre de $D = 1^{mm}$ ([a]) placé à une distance de 1^{mm} de l'électrode positive	26000	75
sur un couvre-objet en cristal de $0^{mm},25$ d'épaisseur, obturant l'ouverture de la chambre d'ionisation, à une distance de 8^{mm} de l'électrode positive ([b])	7740	1544
dans un étui de cellophane ([c]) placé à une distance de 8^{mm} de l'électrode positive	26600	272

Nota. — ([a]) Ce verre laissait passer uniquement les ultraviolets longs, à partir de 3540 Å. ([b]) Ce cristal laissait passer uniquement les ultraviolets longs, à partir de 3020 Å. ([c]) Ce cellophane laissait passer une bande de rayons ultraviolets, à partir de 2075 Å.

Conclusion. — *L'irradiation du cholestérol* par des rayons ultraviolets *s'accompagne de phénomènes d'ionisation.*

A $16^h 10^m$ l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

La Section d'Économie rurale, par l'organe de son doyen, présente la liste suivante de candidats à la place vacante par le décès de M. *Pierre Viala* :

En première ligne	M. **Émile Brumpt**.
En seconde ligne	M. **Albert Demolon**.
En troisième ligne, ex æquo *par ordre alphabétique* ...	MM. **Étienne Foëx**, **Maurice Javillier**, **Constantin Levaditi**, **François Maignon**.

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu dans la prochaine séance publique.

La séance est levée à 17h45m.

E. P.

ERRATA.

(Séance du 9 novembre 1936.)

Note de M. *Marc Krasner*, Sur la représentation multiplicative dans les corps de nombres $\mathfrak{P}$-adiques relativement galoisiens :

Page 907, ligne 7, *au lieu de* $\mathfrak{P}$, *lire* $\mathfrak{p}$; ligne 19, *au lieu de* α_a, *lire* α_2; ligne 22, *au lieu de* α_4, *lire* α_1; ligne 30, *au lieu de* $(\beta_1, \beta_2, \ldots, \beta_\mu), H_0^1$, *lire* $(\beta_1, \beta_2 \ldots, \beta_\mu).H'_0$.

Page 908, ligne 17, *au lieu de* $K_1 | K_0, K_2 | K_0, K_\mu | K_0$, *lire* $K_1/K_0, K_2/K_0, K_\mu/K_0$; ligne 34, *au lieu de* $b = 0, 1, \ldots, p^n - 1$, *lire* $b = 0, 1, \ldots, p^{n-1} - 1$.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 7 DÉCEMBRE 1936.

PRÉSIDENCE DE M. JEAN PERRIN.

RENOUVELLEMENT ANNUEL

DU BUREAU ET DES COMMISSIONS ADMINISTRATIVES.

M. **Aimé Cotton** est élu Vice-Président pour l'année 1937 par 48 suffrages.

Il y a 1 bulletin blanc et 7 bulletins nuls.

MM. **Robert Bourgeois** et **Louis Bouvier**, par 54 suffrages, sont réélus membres des Commissions administratives.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Torsten Carleman**, professeur de l'Université de Stockholm, directeur de la fondation Mittag-Leffler, qui assiste à la séance.

M. **Émile Picard** dépose sur le Bureau de l'Académie le Tome II des *Œuvres de Georges Humbert*, publiées par les soins de M. P. Humbert et de M. G. Julia. Ce volume, élégamment édité par la Librairie Gauthier-Villars, contient les beaux Mémoires de Georges Humbert sur les surfaces hyperelliptiques, et sur les fonctions abéliennes singulières caractérisées par une relation de nature arithmétique entre les périodes normales de

ces fonctions, avec les transformations singulières qui ne s'étaient pas présentées dans le Mémoire célèbre d'Hermite sur la transformation des fonctions abéliennes générales.

GÉOMÉTRIE. — *Sur la rectification d'un arc quelconque de cercle plus petit que la demi-circonférence, par André-Marie Ampère, âgé de treize ans* (8 juillet 1788). Texte inédit, publié et commenté par MM. **Louis de Launay**, **Clément Limb** et **Claudius Roux**.

En cette année du Centenaire de la mort d'André-Marie Ampère, il nous a paru intéressant de révéler et de commenter le texte, resté *inédit jusqu'ici*, du premier Mémoire scientifique adressé à une Compagnie savante, dès 1788, par le futur membre de l'Institut, alors âgé de 13 ans (Ampère, on le sait, est né à Lyon, le 20 janvier 1775, et il est mort à Marseille, le 10 juin 1836) ([1]).

On lit, dans le procès-verbal de la séance du mardi 8 juillet 1788 de l'Académie des Sciences, Belles-Lettres et Arts de Lyon ([2]), rédigé et signé par André de Bory, secrétaire perpétuel de la classe des Belles-Lettres et Arts, la phrase suivante : « ... Le même officier ([3]) a fait part d'une lettre et d'un mémoire de M. Ampère fils, âgé de treize ans, qui prie l'Académie de luy donner son avis sur ce mémoire dans lequel il prétend avoir résolu le fameux problème de la quadrature du cercle. M. l'abbé Roux ([4]), prié par l'Académie de lire cet ouvrage et d'en faire son rapport, a fait observer que l'Académie avoit arrêté, par une délibération enregistrée, qu'elle ne recevroit plus aucun mémoire sur cet objet, que par

([1]) Sur la vie et les travaux d'Ampère, cf. les ouvrages de M. de Launay, *Le Grand Ampère* (1 vol., Paris, 1925) et *Correspondance du Grand Ampère* (2 vol., Paris, 1936) et celui de M. Joseph Buche, *L'École mystique de Lyon* (1 vol., Paris, 1934).

([2]) Fondée en mars 1700 par un ami de Boileau, Claude Brossette, et huit autres érudits.

([3]) Officier, c'est-à-dire membre du bureau : il s'agit de Marc-Antoine-Louis Claret de La Tourrette, secrétaire perpétuel de la classe des Sciences, l'Académie de Lyon étant divisée en deux classes.

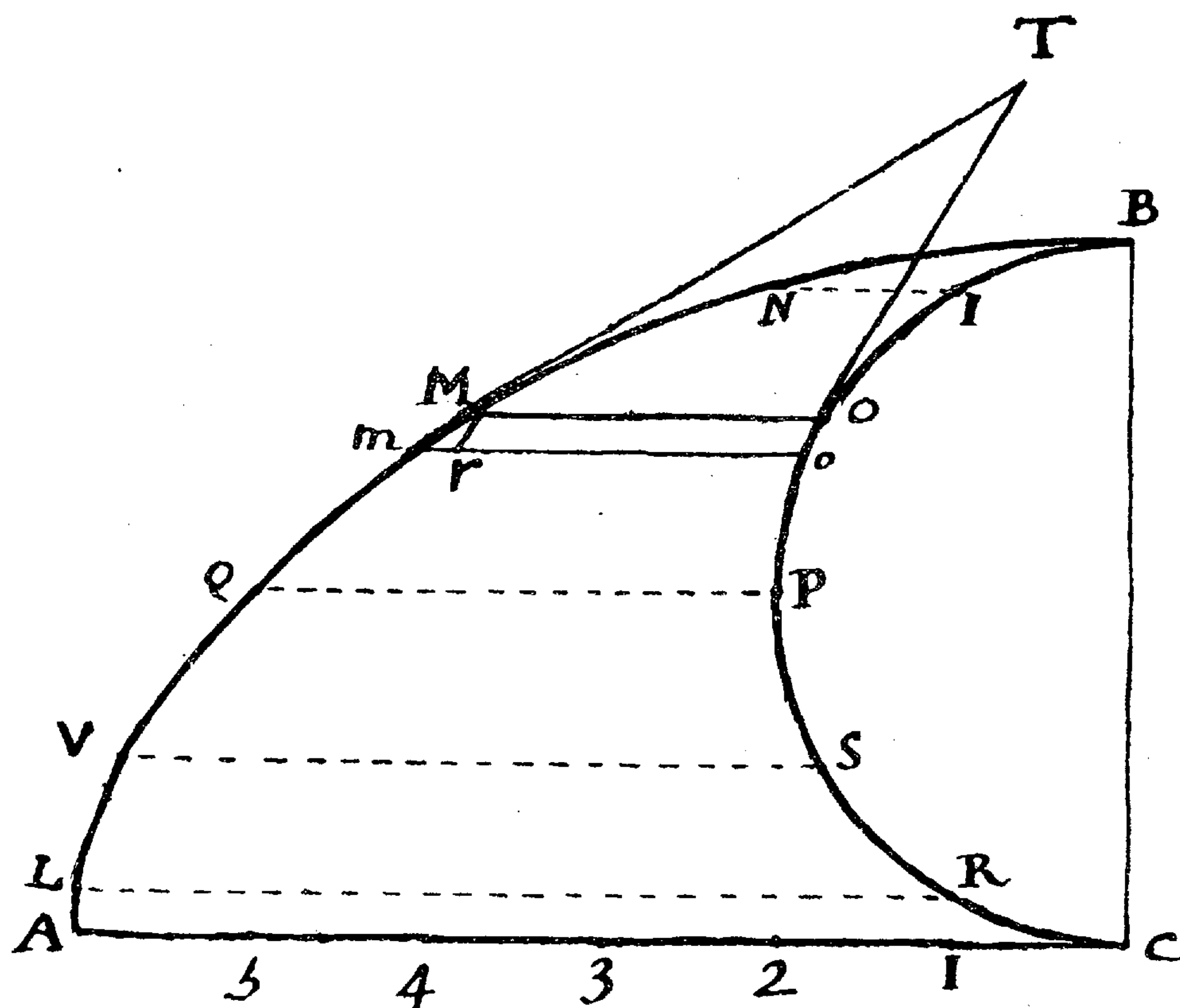
([4]) L'abbé Claude-Antoine Roux, rhétoricien et mathématicien, futur collègue d'Ampère au Lycée de Lyon et secrétaire perpétuel de la classe des Lettres de 1800 à 1811. Ampère fut lui-même membre de l'Académie de Lyon, dès sa reconstitution en 1800 sous le nom provisoire d'Athénée de Lyon.

conséquent il luy sembloit qu'elle ne devroit plus s'en occuper, que cependant sur l'invitation de ses confrères et ayant égard à la jeunesse de l'auteur, il consentoit à examiner le mémoire non comme commissaire, mais *privatim*, pour en dire son sentiment au père du jeune homme, et l'offre de M. Roux a été acceptée. »

En effet, l'Académie de Lyon avait été, au cours du XVIIIe siècle, importunée par une quantité de mémoires sur la quadrature du cercle et, dans sa séance du 19 août 1783, elle avait arrêté (à l'instar de ce qu'avaient déjà décidé en 1775 et 1776 les Académies des Sciences de Paris et de Berlin, ainsi que la Société Royale de Londres) de « s'abstenir désormais », dit le procès-verbal de cette séance, « de prononcer aucun jugement relatif à cet objet, et de garder le silence le plus absolu sur tous les mémoires qui luy seroient adressés pour la solution de ce problème ».

En conséquence, on ne reparla plus, à l'Académie de Lyon, de la lettre et du mémoire d'Ampère. Mais le secrétaire-perpétuel De Bory semble avoir omis de consigner dans son procès-verbal l'envoi, fait par le jeune Ampère, d'un Mémoire relatif au problème de la rectification d'un arc de cercle, ou problème des tangentes.... On peut se demander si, peu versé dans les sciences, il n'aurait pas confondu dans la présentation de la lettre et du mémoire d'Ampère et dans la rédaction de son procès-verbal, la *rectification d'un arc de cercle* avec la *quadrature du cercle;* confusion au premier abord peu vraisemblable, mais néanmoins admissible, car il semble bien qu'un *seul mémoire* était joint à la lettre d'envoi du jeune Ampère, et non pas *deux mémoires* comme l'a écrit Dumas, en 1840, dans son *Histoire de l'Académie de Lyon* où il parle (tome II, p. 276) du mémoire sur la rectification d'un arc de cercle comme ayant été présenté « dans la même année » que le soi-disant mémoire sur la quadrature. L'un de nous a retrouvé récemment, dans les archives de l'Académie de Lyon (Recueil n° 198 des manuscrits de l'Académie, folio 123 et dernier de ce recueil), le mémoire d'Ampère sur la rectification d'un arc de cercle, déposé le 8 juillet 1788. Ce mémoire, qui fait l'objet de la présente Note, est très court puisqu'il n'occupe, tant pour la figure géométrique que pour les vingt lignes de texte, qu'une seule page in-folio (37,5 cm × 25 cm). Peut-être n'est-il pas autographe, car il est écrit en caractères moyens et assez réguliers ; mais il est, à n'en pas douter, *authentifié et daté* par le secrétaire-perpétuel de la classe des Sciences, La Tourrette, qui a écrit de sa propre main, dans l'angle supérieur gauche de la feuille, cette mention explicite : « *par M. Ampère le fils, âgé de* 13 *ans, le* 8 *juillet* 1788 ». Voici le texte

intégral et littéral de ce petit mémoire, dans sa disposition comme dans son orthographe, avec le fac-similé 1/1 de la figure :



PROBLÈME.

Trouver la rectification d'un arc quelconque de cercle plus petit que la demi-circonférence. Solution. Soit un angle droit BCA. Sur le moindre côté BC soit décrit un demi cercle BPC divisé en un nombre quelconque de parties égales en six par exemple : par les points de divisions soient menées des paralelles à AC, et divisés AC en six parties aussi égales. Donnés a LR cinq parties de AC, quatre à VS, trois a QP, deux a MO, enfin une a NI et joignés les points B, N, M, Q, V, L, A, par une courbe continue. Soit maintenant $\mathrm{BO} = x$, $\mathrm{OM} = y$, $\mathrm{BPC} = c$, $\mathrm{AC} = a$. Puisque l'arc BO est les 2/6 du demi cercle BPC, et que pareillement la ligne MO est les 2/6 de AC on aura BPC : BO :: AC : MO ou algébriquement $c : x :: a : y$ $y = \frac{ax}{c}$ et differienciant $dy = \frac{a\,dx}{c}$ mais si on mène la Tangente OT, et enfin l'ordonée *mo* infiniment proche de MO, de plus la ligne M*r* paralelle à OT, et enfin *m*T par les deux points *m*, M, on aura $mr = dy = \frac{a\,dx}{c}$ et $\mathrm{M}r = \mathrm{O}o = dx$ et l'analogie des Triangles semblables *mr*M, MOT, donne $mr\left(\frac{a\,dx}{c}\right) : \mathrm{M}r(dx) :: \mathrm{MO}\left(\frac{ax}{c}\right) : \mathrm{OT} = \frac{acx\,dx}{ac\,dx} = x =$ l'arc BO qui se trouve rectifiée par ce moyen.

AUTRE SOLUTION

En suposant la meme construction on a les Triangles semblables Tom, TOM, qui donnent To : TO :: om : OM; soit maintenant Bo = X, BO = x, om = Y, OM = y, on aura donc $Y = \frac{aX}{c}$ et $y = \frac{aX}{c}$, donc Y : y :: $\frac{aX}{c}$: $\frac{ax}{c}$ ou Y : y :: X : x, c'est à dire om : OM :: Bo : BO et par consequent To : TO :: Bo : BO donc subtrahendo To — TO :: Bo — BO : BO, ou oO : TO :: oO : BO, d'ou l'on conclud comme cy devant TO = l'arc BO.

La solution indiquée par le jeune A.-M. Ampère nous semble tout à fait irréprochable, au point de vue *théorique*; les deux démonstrations qu'il donne (il emploie le mot *solution*) nous paraissent parfaitement exactes. Il est surprenant qu'un adolescent de treize ans comprenne aussi clairement l'esprit du calcul différentiel qu'il utilise dans sa première démonstration (ou *solution*), et qu'il ait une idée aussi nette des tangentes définies par deux points de la courbe qui sont infiniment rapprochés.

Toutefois, au point de vue *pratique*, on peut dire que la difficulté est simplement déplacée; car, si l'on sait très bien tracer la tangente à un cercle en un point donné, puisque c'est la perpendiculaire au rayon aboutissant à ce point, il n'en est pas de même du tout de la tangente à la courbe auxiliaire qu'il trace par points, courbe à la vérité aussi bien déterminée qu'on le désire en augmentant autant qu'on le veut le nombre des points qui la forment : cette tangente ne peut être tracée qu'approximativement, et il en résulte par conséquent, que la longueur de la droite représentant l'arc de cercle rectifié n'est elle-même aussi trouvée qu'approximativement, en pratique.

Ajoutons, en terminant, que les anciens biographes d'Ampère, tels que Sainte-Beuve [1] et plus tard C.-A. Valson [2], ne mentionnent que le mémoire sur la rectification d'un arc de cercle, et passent complètemeut sous silence le mémoire sur la quadrature du cercle, auquel Ampère lui-même *n'a jamais fait allusion*, dont Arago n'a parlé [3] que d'après des notes erronées qu'il avait reçues de Dumas, secrétaire de l'Académie de Lyon, et dont l'existence reste donc à démontrer, comme nous l'avons dit, malgré la phrase citée du procès-verbal du 8 juillet 1788; ce doute est du reste tout au bénéfice du génie naissant du Grand Ampère !

---

(1) *Ampère, sa jeunesse, ses études diverses, ses idées métaphysiques*, etc. (*Revue des Deux Mondes*, 4e série, 9, 1837, p. 389-422).

(2) *André-Marie Ampère* (1 vol., Lyon, 1re édition, 1886; 4e édit., 1936).

(3) *Œuvres complètes* (Paris, 1854), 2, *Notices biographiques : Biographie d'Ampère*, lue à l'Académie des Sciences le 21 août 1839, p. 43-44.

GÉOLOGIE. — *Existence de nombreuses Bactéries dans les phosphates sédimentaires de tout âge. Conséquences.* Note de M. **Lucien Cayeux.**

L'insuffisance des théories invoquées tour à tour pour expliquer la formation des phosphates sédimentaires devait tôt ou tard orienter les investigations du côté des actions bactériennes. Des Bactéries ont été découvertes, en 1933, et signalées l'année suivante, dans des matériaux provenant de deux gisements différents (1). Malheureusement, ces Bactéries étaient très difficiles à observer, et, de surcroît, il s'en fallait de beaucoup qu'il fût possible d'en tirer des photographies, tant soit peu démonstratives. Par ailleurs, la question de savoir si les deux gisements en cause constituaient ou non des exceptions restait à résoudre.

Dans l'espoir de dégager le dessin desdites Bactéries avec toute la netteté désirable, j'ai fait appel à la photographie en lumière infrarouge qui a rendu de grands services dans l'étude anatomique des végétaux fossiles, en soulignant des structures peu ou point discernables dans les conditions d'observation ordinaires (2). De nombreux clichés dont je suis redevable à mon collaborateur, M. A. Randoin, tout en confirmant mon premier diagnostic, m'ont permis d'identifier des Bactéries dans des phosphates d'âge très variable.

En fait, j'en ai reconnu l'existence dans les phosphates de l'Agulhas-Bank, dragués au Sud du cap de Bonne-Espérance (3). Elles gisent également en abondance dans les phosphates nord-africains, situés à cheval sur le Crétacé et le Tertiaire. On les retrouve en grand nombre dans les craies phosphatées d'âge campanien, autrefois exploitées à grande échelle dans le nord de la France, puis dans les phosphates en nodules du Turonien, du Cénomanien, de l'Albien, du Portlandien et du Lias du Bassin de Paris.

Les phosphates paléozoïques sont non moins riches en Bactéries que les

---

(1) L. Cayeux, *Les phosphates de chaux sédimentaires. Manières d'être et modes de formation.* Conférence faite au Muséum le 15 février 1934. (*Les ressources minérales de la France d'outre-mer* : IV. *Le Phosphate,* p. 13 et 14.)

(2) Dr Suzanne Leclercq, *Application de la lumière infrarouge à l'étude microscopique des végétaux fossiles* (*Ann. Soc. Géol. Belgique*, 56, 1933, *Bull.*, p. 351-356, pl. I-III).

(3) L. Cayeux, *The phosphatic Nodules of the Agulhas-Bank* (A study of submarine Geology). (*Ann. South Afr. Museum,* 31, 1934, p. 105-106, Pl. XXXII-XXXV.)

précédents. Leur présence a été reconnue dans les phosphates permiens des Montagnes Rocheuses, dans les phosphates dinantiens des Pyrénées, dans les phosphates dévoniens du Tennessee (États-Unis), dans les phosphates ordoviciens du Pays de Galles et, enfin, dans les phosphates du Cambrien inférieur de Suède, où je ne les ai observées, jusqu'à présent, qu'en très petit nombre.

Les échantillons originaires du Maroc (Kourigha), des Montagnes Rocheuses (Wyoming) et du Pays de Galles ont fourni des clichés qui comptent parmi les plus instructifs.

La vérité est que j'ai trouvé des Bactéries dans tous les matériaux phosphatés où je les ai cherchées.

En conclusion, on peut dire que *des Bactéries existent dans des phosphates, échelonnés presque d'un bout à l'autre des temps géologiques.*

D'une manière générale, ces organismes se présentent sous la forme de sphérules, pourvues d'une enveloppe très épaisse, et mesurant depuis $0^{\mu},5$ jusqu'à $2^{\mu},5$ de diamètre. On les observe, tantôt isolées, ce qui est le cas de beaucoup le plus répandu, et, tantôt, rassemblées en files rectilignes, ou groupées en petits amas irréguliers, etc. Pour donner une idée de leur fréquence dans une préparation de phosphate de Kourigha, où elles abondent, notons que, dans un champ photographié avec un grossissement de 800 diamètres, et correspondant à environ un centième et demi de millimètre carré, j'ai pu en compter plusieurs centaines, en éliminant celles qui ne sont pas situées rigoureusement dans le plan mis au point. Ce degré de fréquence peut être dépassé, mais il s'en faut qu'il soit réalisé dans tous les types étudiés. Des plages très voisines d'une même section sont d'ailleurs susceptibles de présenter de grandes différences à ce point de vue.

Des enseignements qui découlent de notre étude, il en est deux qui l'emportent en intérêt sur les autres.

1° Le rôle des Poissons et des Reptiles marins dans la genèse des gisements de phosphate a été considérablement exagéré, ou pour mieux dire, il a été faussé. Dans la conception qui se dégage peu à peu de mes recherches, ce sont les Bactéries qui élaborent le phosphate de chaux aux dépens de l'eau de mer, dont la provision en acide phosphorique est constamment renouvelée, grâce aux apports des cours d'eau. S'il y a de nombreux fragments de tissu osseux, des dents, des vertèbres de squales et des ossements divers dans tel ou tel gisement, c'est uniquement parce que Poissons et Reptiles ont trouvé sur les fonds, où s'accumulait le phosphate de chaux par voie biochimique, une source exceptionnelle d'acide phos-

phorique, qui leur a permis de se multiplier dans des conditions anormales, et nullement parce qu'ils ont été les agents générateurs des gisements, suivant l'opinion courante.

2° D'une plus grande portée, le second enseignement déborde le cadre des phosphates. En l'état actuel des connaissances, la chimie des roches sédimentaires relève de la chimie minérale. C'est elle qu'on fait intervenir pour élucider les problèmes de l'origine des calcaires, des dolomies, des roches siliceuses, des phosphates de chaux, etc. Mais on sait depuis longtemps qu'un vaste groupe de roches, les combustibles, échappent à la règle commune, en ce qu'il résulte de la transformation de débris végétaux, sous l'influence d'agents bactériens (Bernard Renault). D'ores et déjà, les phosphates de chaux sédimentaires, d'origine également biochimique, nous mettent en présence d'une deuxième exception. Reste à savoir si l'exception n'est pas appelée à devenir la règle avec le temps, et si, à mesure que nos connaissances gagneront en étendue et en profondeur, les réactions qui président à la genèse d'autres catégories de roches sédimentaires ne se réclameront pas, elles aussi, de la biochimie. De nouveaux éléments d'information nous permettront d'apporter sans tarder une seconde contribution à la solution de ce problème général.

PHYSICOCHIMIE BIOLOGIQUE. — *Étude de la dilution des sérums dans les solutions faiblement concentrées de coefficients* pH *différents.* Note de MM. **Charles Achard**, **Augustin Boutaric** et de Mme **Madeleine Roy.**

1. La dilution d'un sérum dans l'eau distillée détermine des transformations assez complexes se traduisant par l'apparition d'un trouble généralement attribué à la séparation des globulines qui, pour des dilutions convenables, sédimentent au bout d'un temps plus ou moins long.

Pour une dilution quelconque, si l'on suit en fonction du temps les variations de la densité optique relative à une radiation déterminée, on constate que cette densité augmente de plus en plus lentement et finit par atteindre une valeur limite qui se maintient un certain temps, après quoi se produit la sédimentation des globulines.

Le degré de dilution l, c'est-à-dire le volume fourni après dilution par 1^{cm^3} de sérum, influe de manière complexe sur la densité optique h. Dans un travail antérieur ([1]), l'un de nous a montré, en s'appuyant sur la formule de Lord Rayleigh relative aux milieux troubles, que le produit lh

([1]) A. Boutaric et M. Doladilhe, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1385.

peut être considéré comme sensiblement proportionnel au volume moyen v des particules individuelles de globuline qui sédimentent.

2. Lorsqu'on utilise, pour diluer le sérum, de l'eau distillée ordinaire, la variation de la valeur limite du produit lh en fonction de la dilution l fournit des résultats assez incohérents, présentant parfois des maxima et des minima qu'on ne retrouve pas toujours lorsqu'on recommence l'expérience dans des conditions en apparence identiques. Nous avons été amenés à reconnaître que ces écarts tenaient principalement aux modifications qu'éprouve le coefficient pH de l'eau distillée suivant les conditions de la distillation, le contact du verre, l'absorption du gaz carbonique de l'atmosphère, etc. Comme ces modifications sont, sinon impossibles, du moins bien difficiles à éviter dans les conditions ordinaires d'expérimentation, il nous a paru intéressant d'utiliser, pour effectuer la dilution, des solutions tamponnées ayant un coefficient pH convenable.

Nous nous sommes adressés aux solutions tamponnées de Sörensen, constituées par les solutions de mélanges en proportions variables de phosphate monopotassique et de phosphate disodique dont le pH peut varier, suivant la composition du mélange, de 5,3 à 8,04. Ces solutions sont trop concentrées pour provoquer la précipitation des globulines lorsqu'on les ajoute aux sérums, mais la précipitation se produit avec les solutions préalablement diluées au dixième ou au centième.

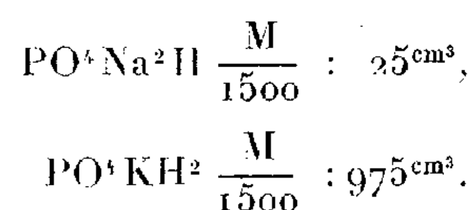
Nous avons ainsi reconnu que la floculation est d'autant plus intense que les solutions utilisées pour provoquer cette floculation ont un coefficient pH plus faible. C'est ce que montrent les résultats du tableau suivant, qui donne les valeurs limites du produit lh relatives à diverses dilutions l du sérum faites dans des solutions tamponnées de Sörensen préalablement diluées au dixième (les pH étaient mesurés par une méthode électrométrique); le sérum était un sérum de cheval, dit sérum hémostyl, mis très obligeamment à notre disposition par M. Brocq-Rousseau.

	Valeurs de lh pour les dilutions l.				
pH.	6.	10.	20.	50.	100.
5,30	1,68	3,03	5,18	7,50	7,55
5,80	1,46	2,70	4,36	5,35	6,10
6,45	1,25	2,06	2,98	3,55	3,50
6,97	1,11	1,56	1,64	1,65	1,65
7,21	0,99	1,31	1,54	1,10	1,10
7,66	0,73	0,83	1,04	0,50	0,70
7,90	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05

Pour toutes les dilutions du sérum, la valeur limite du produit lh va en

décroissant régulièrement lorsque le coefficient pH du milieu augmente de 5,30 à 7,90, la richesse saline du milieu diluant demeurant constante et la modification du coefficient pH étant obtenue par une variation dans les proportions relatives des deux variétés de phosphates. La dilution du sérum avec la solution dont le pH est le plus élevé n'entraîne pas la moindre floculation. En aucun cas on n'observe, par accroissement progressif de la dilution du sérum, la production des maxima et des minima d'opacité qui ont été signalés par divers auteurs : la valeur limite du produit *lh* relatif à diverses dilutions croît progressivement et de plus en plus lentement à mesure que croît la dilution.

3. L'étude de la floculation des sérums dans une solution tamponnée permet de déceler d'une manière très simple les moindres transformations du sérum. Pour étudier les modifications déterminées par le chauffage, nous avons utilisé la dilution dans une solution tamponnée (solution de Sörensen diluée au centième) de pH = 5,3 obtenue par le mélange des deux solutions suivantes :



$$PO^4Na^2H \frac{M}{1500} : 25^{cm^3},$$

$$PO^4KH^2 \frac{M}{1500} : 975^{cm^3}.$$

Dans le tableau suivant nous donnons les valeurs limites du produit *lh* relatives à diverses dilutions *l* pour un sérum de cheval non chauffé (sérum hémostyl) et pour le même sérum chauffé 1 heure à diverses températures.

	Valeurs de *lh* pour les dilutions *l*.			
Chauffage du sérum.	10.	20.	50.	100.
Non chauffé	4,12	8,04	17,40	26,90
Chauffé 1 heure à 48°.....	4,02	7,16	16,90	25,60
» 50°.....	3,58	7,12	16,45	24,60
» 52°.....	2,38	4,74	13,05	22,80
» 54°.....	0,52	0,78	2,95	8,10
» 55°.....	0,08	0,44	1,50	4,80
» 56°.....	0,08	0,08	0,20	2,10
» 57°.....	0,01	0,02	0,05	0,10
» 58°.....	–	–	–	–

Le chauffage du sérum réduit dans des proportions considérables la floculation des globulines obtenues par dilution de la solution tamponnée utilisée. Pour un sérum chauffé 1 heure à 58°, toute floculation est supprimée, mais le ralentissement de la floculation est déjà sensible pour un

chauffage de 1 heure à 48°, c'est-à-dire à une température nettement inférieure à celle habituellement considérée comme la température critique du sérum.

PHYSIQUE INDUSTRIELLE. — *Sur la production de la lumière blanche à l'aide d'un tube luminescent unique.* Note de M. **Georges Claude**.

J'ai déjà entretenu l'Académie des travaux sur la luminescence de M. André-N. Claude et de ses collaborateurs ([1]).

Dans ma dernière Note à ce sujet, je montrais quelles améliorations A. Claude a pu apporter à mon procédé d'obtention de la lumière blanche par combinaison de tubes à néon et de tubes à vapeur de mercure ([2]).

Cette combinaison, telle que je l'avais réalisée, laissait subsister dans le spectre de la lumière produite une lacune dans le bleu. A. Claude et ses collaborateurs ont pu corriger ce défaut grâce aux tubes à mercure à revêtement *interne* de matières fluorescentes qu'à la suite de Koch, ils ont réussi à rendre pratiques, ces matières transformant en radiations visibles les radiations ultraviolettes du mercure avec un rendement supérieur à celui obtenu en les incorporant au verre. Un tube à mercure recouvert intérieurement de silicate de zinc fournit une belle lumière couleur vert jade dont la superposition à celle d'un tube à néon fournit, avec un rendement global très supérieur à celui que permettaient mes vieux tubes à néon plus mercure, une lumière plus voisine de la lumière solaire. L'emploi de ces tubes a déjà pris un développement important dans la technique de l'éclairage proprement dit.

Ce rappel était nécessaire pour indiquer que ce succès a conduit M. A. Claude à un problème plus ambitieux, celui de l'obtention économique de la lumière blanche à l'aide d'un tube *unique*.

J'ai donné moi-même autrefois de ce problème des solutions approximatives ([3]), qui consistaient à obtenir d'un même tube à néon plus mercure les deux sortes de radiations en y créant des zones telles que, soit le néon, soit le mercure, y vibre isolément. C'est de tout autre chose qu'il s'agit ici : à savoir, obtenir du même tube à vapeur de mercure par transformation de ses radiations ultraviolettes en radiations visibles grâce à des matières

---

([1]) *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 2253 et **197**, 1933, p. 1260.

([2]) *Bull. de la Soc. internationale des Électriciens*, **1**, n° **9**, 1911, p. 522.

([3]) *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 890 et **194**, 1932, p. 2253.

luminescentes solides convenables et convenablement dosées, un spectre continu aussi semblable que possible au spectre solaire, ou n'en différant que pour les légères modifications de teinte qui peuvent être désirées. On peut dire que ce problème est maintenant résolu.

Une première solution, fort originale, en a été obtenue par notre collaborateur Besson. Il a remarqué que la belle lumière bleue des tubes à mercure et à revêtement interne de tungstate de calcium contient une partie des radiations ultraviolettes de grande longueur d'onde émises par la colonne excitatrice et d'autres émises par la couche luminescente elle-même. Le rayonnement d'un de ces tubes, s'il est transparent pour ces radiations, produit en effet la vive phosphorescence de sulfure de zinc plus cadmium à luminescence rougeâtre, extérieur au tube. Ce résultat, déjà intéressant en ce qu'il montre la possibilité d'améliorer le rendement lumineux, acquiert toute sa valeur grâce à cette circonstance que si l'on revêt de ce sulfure mixte la surface extérieure du tube, ce rayonnement lumineux supplémentaire peut être tel, comme couleur et comme intensité, que la lumière totale résultante est sensiblement blanche. Ainsi ont été réalisés les premiers tubes luminescents à lumière blanche avec un rendement d'environ 20 lumens par watt : l'emploi de deux couches distinctes y est nécessaire, parce que le sulfure mixte, trop altérable à l'action directe de la colonne excitatrice, ne peut être placé *dans* le tube.

Parallèlement à ces travaux, nous nous sommes demandé si d'autres substances capables d'être mises à l'intérieur du tube ne pourraient être trouvées, qui fourniraient un résultat du même ordre avec une couche *unique*, permettant une fabrication plus simple et donnant des possibilités de meilleur rendement.

Sur ma suggestion, notre Confrère Urbain a bien voulu désigner pour cette recherche ardue un de ses élèves, M. Servigne. Celui-ci a su tirer parti des célèbres travaux de notre Confrère sur la luminescence des Terres rares, en étudiant et en réalisant, avec l'aide de M. A. Claude, des substances capables de s'adapter au mécanisme de l'excitation dans les tubes. Quelques-uns de ces résultats sont précisés dans une Note présentée ce jour même par M. Urbain [1].

Comme l'indique cette Note, M. Servigne a conservé parmi ses matières premières essentielles les tungstates et, en particulier, celui de calcium, en raison de sa stabilité dans les tubes à décharge. Il a réussi à modifier de

---

(1) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 1247.

la façon voulue la lumière bleue fournie par ce corps, considéré comme diluant, en lui incorporant comme phosphorogène une très petite quantité de samarium dans des conditions qui surexcitent la sensibilité naturellement assez faible du samarium à l'effet photo-luminescent, prépondérant dans ce mode d'utilisation des tubes à décharge et qui, en même temps, assurent la stabilité et la longue durée de la couche luminescente. Dans les conditions ainsi réalisées, le samarium provoque tout à la fois dans le rayonnement du tungstate une diminution du bleu et une exaltation du rouge, ce qui ne laisse plus, pour parvenir à l'obtention d'un spectre continu très semblable à celui de la lumière solaire, qu'à combler un léger manque dans le vert par l'addition au tungstate d'une faible quantité de silicate de zinc.

Un effet curieux de la matière ainsi obtenue est que, lorsqu'on chauffe le tube, la *phosphorescence rouge* du rayonnement provoqué par le samarium se conserve sans affaiblissement, tandis que la *fluorescence bleue* propre au tungstate diminue. Ainsi, à l'inverse de toutes les autres sources de lumière, celle-ci tend vers le rouge quand sa température s'élève. Cependant, si l'élévation de température est produite par l'augmentation du régime du tube, la diminution de la fluorescence du tungstate est à peu près compensée par l'augmentation de la luminescence bleue du mercure, de sorte que dans de larges limites la lumière du tube reste blanche.

A l'inverse, également, de tous les corps à luminescence rouge connus jusqu'ici, sulfure de cadmium, rhodamine et autres corps organiques analogues, qui supportent mal une température élevée, la tenue du tungstate samarifère est telle que, dans ses travaux d'adaptation de cette matière aux tubes industriels, M. A. Claude est parvenu à fixer la couche phosphorescente d'une manière indélébile à la paroi de ces tubes par ramollissement de celle-ci, même si elle est constituée par du verre boro-silicaté ou du quartz. Il devient donc possible de travailler après coup les tubes ainsi traités pour leur donner toutes les formes voulues.

Des résultats analogues ont été obtenus avec d'autres diluants tout d'abord très fragiles, préparés par M. Servigne, comme les molybdates traités convenablement. Dans l'un et l'autre cas, la durée des tubes obtenus atteint les milliers d'heures et le rendement en lumière blanche 20 à 30 lumens par watt, perte aux électrodes comprise.

De la lumière blanche, il est d'ailleurs facile de passer, toujours avec un seul tube, à toute nuance et même à toute couleur désirée, soit par la proportion, soit par la nature des diluants ou des phosphorogènes, les diffé-

rentes Terres rares fournissant à ce dernier égard des ressources très variées.

Ces résultats, qui n'auraient pas pu être atteints sans les travaux de M. Urbain et les connaissances et préoccupations théoriques de M. Servigne, mais qui n'auraient sans doute pas non plus été obtenus aussi vite sans les *desiderata* de l'Industrie et sans les moyens techniques et matériels qu'elle peut fournir, attestent une fois de plus l'efficacité d'une collaboration de l'Industrie et de la Science que l'on voudrait toujours aussi conforme aux vrais besoins de l'humanité.

M. **Jacques de Lapparent** fait hommage à l'Académie d'une brochure intitulée *Caractère minéralogique des smectites*.

ÉLECTIONS.

Par l'unanimité des suffrages exprimés, M. **M. Delépine** est élu membre de la *Commission du contrôle de la circulation monétaire* en remplacement de M. *H. Le Chatelier* décédé.

L'Académie procède par la voie de scrutin à l'élection d'un Membre de la Section d'Économie rurale en remplacement de M. *P. Viala* décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 55,

M. Maurice Javillier obtient	....	28 suffrages
M. Émile Brumpt »	....	19 »
M. Albert Demolon »	....	7 »

Il y a un bulletin blanc.

M. **Maurice Javillier**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** donne lecture du télégramme suivant :

Rome, 20 novembre 1936.

Profondément ému par la perte cruelle de notre illustre Confrère *Édouard Goursat*, je vous exprime mes sentiments de profond regret.

Vito Volterra.

La **Sociedade Portuguesa de Química e Física** de Lisbonne adresse l'expression de ses sentiments de condoléance à l'occasion du décès de M. *H. Le Chatelier*.

Le **Conseil et la Direction de l'Institut des Recherches chimiques** de Lwów invite l'Académie à se faire représenter à la séance solennelle organisée pour le 20ᵉ *anniversaire de l'activité* de cet Institut.

M. **René Maire** prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la place de Membre non résidant vacante par le décès de M. *Ch. Nicolle*.

MM. **Georges Darzens**, **Pierre Jolibois** prient l'Académie de vouloir bien les compter au nombre des candidats à la place vacante dans la Section de Chimie par le décès de M. *H. Le Chatelier*.

M. **Raoul Lecoq** adresse un Rapport relatif à l'emploi de la subvention attribuée sur la *Fondation Loutreuil* en 1935.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Henri Jumelle* (1866-1935), par Pierre Choux.

2° G. Malfitano, M. Catoire, A. Honnelaitre. *Introduction à la Chimie micellaire. Les composés micellaires minéraux et minéralogiques.* (Préface de M. J. Duclaux.)

M. le **Ministre de l'Éducation nationale** invite l'Académie à lui présenter une liste de deux candidats à la Chaire de *Chimie nucléaire* du Collège de France.

(Renvoi aux Sections de Physique et de Chimie.)

THÉORIE DES NOMBRES. — *Remarques sur des résultats récents de C. Chevalley.* Note (¹) de M. **André Weil**, présentée par M. Élie Cartan.

C. Chevalley (²) vient de montrer comment on peut généraliser, aux extensions relativement abéliennes infinies d'un corps de nombres algébriques fini, la théorie des corps de classes; ce résultat est d'autant plus intéressant que le théorème fondamental de cette théorie, énoncé pour l'extension abélienne maximum d'un corps donné k, contient implicitement toute la théorie en question. Désignant par A cette extension abélienne maximum (c'est-à-dire le corps composé de toutes les extensions relativement abéliennes de k), Chevalley établit en effet un isomorphisme entre le groupe de Galois de A sur k, topologisé d'après W. Krull (³), et un certain groupe quotient d'un groupe abélien formé au moyen de k, et qu'il note k^*. Ce groupe k^*, tel que le définit Chevalley, est un groupe topologique qui ne satisfait pas à l'axiome de Hausdorff, ce qui serait une circonstance remarquable (car les espaces topologiques ne satisfaisant pas à cet axiome n'ont guère encore trouvé d'application en mathématiques) si elle n'était purement apparente : ce qui intervient en réalité, c'est en effet le groupe quotient de k^* par l'intersection de tous les voisinages U_m de l'unité dans k^*; et celui-là est un groupe localement bicompact qui satisfait bien à l'axiome en question. C'est lui qu'on obtiendrait si l'on désignait par k_p, lorsque p est un diviseur premier infini réel du corps k, un groupe réduit à deux éléments $+1$, -1 et, lorsque p est un diviseur premier infini imaginaire, un groupe réduit à un seul élément, ce qui permet de simplifier quelque peu l'exposition de Chevalley sans modifier aucun résultat.

Mais reprenons le problème résolu par Chevalley, et d'abord donnons-en un énoncé un peu plus net qu'il ne le fait lui-même. Il s'agit en effet, au moyen des résultats connus de la théorie du corps de classes, d'établir un

(¹) Séance du 30 novembre 1936.

(²) *J. de Liouville*, 9ᵉ série, 15, 1936, p. 359.

(³) *Math. Ann.*, 100, 1928, p. 687.

isomorphisme entre le groupe de Galois de A/k et un groupe qu'on puisse construire au moyen des seuls éléments de k. Or, en examinant la solution, d'ailleurs fort élégante, de Chevalley, je me suis aperçu qu'on pouvait en imaginer beaucoup d'autres, dont certaines sont probablement, à certains égards, plus avantageuses même que la sienne, et c'est sur ce point que je voudrais attirer l'attention.

Le groupe Γ des caractères (au sens de la théorie de Pontrjagin) du groupe de Galois G de A/k (qui est abélien et bicompact) est en effet connu : c'est le groupe des caractères de toutes les extensions relativement cycliques de k ou, en d'autres termes, des caractères χ qui figurent dans les séries $L(s, \chi)$ qu'on forme sur k; un tel caractère, comme on sait, est un caractère du groupe multiplicatif des idéaux de k premiers à un certain diviseur f (le *conducteur* de χ), prenant la valeur 1 pour les idéaux $\equiv 1 (\mathrm{mod} f)$; le groupe Γ est ainsi bien défini au moyen d'éléments du corps k, et G est déterminé comme groupe dual de Γ. Pour obtenir G sous forme plus maniable, on peut par exemple procéder comme suit. Soient p un diviseur premier quelconque dans k; $\mathcal{G}_p$ le groupe des idéaux de k premiers à p (c'est-à-dire le groupe de tous les idéaux de k si p est un diviseur infini); $\mathcal{G}_p^{(0)}$ le sous-groupe de $\mathcal{G}_p$ formé des idéaux principaux; $\mathcal{G}_p^{(n)}$ le sous-groupe de $\mathcal{G}_p^{(0)}$ formé des idéaux $\equiv 1 \ (\mathrm{mod}\, p^n)$. Les groupes quotients successifs $\mathcal{G}_p/\mathcal{G}_p^{(n)}$ sont des groupes finis, dont chacun est homomorphe au suivant : ils possèdent donc une limite bien déterminée ([1]), qui est un groupe bicompact que nous désignerons par G_p; il clair que le groupe Γ_p des caractères de G_p n'est autre que le groupe des caractères χ de k dont le conducteur ne contient pas d'autre diviseur premier que p; d'ailleurs, si p est infini, G_p est un groupe fini, car $\mathcal{G}_p^{(n)} = \mathcal{G}_p^{(1)}$ quel que soit $n \geqq 1$, et même $\mathcal{G}_p^{(n)} = \mathcal{G}_p^{(0)}$ quel que soit n si p est imaginaire; en tout cas, si l'on désigne par $G_p^{(0)}$ le sous-groupe de G_p qui correspond à $\mathcal{G}_p^{(0)}$, $G_p/G_p^{(0)}$ est isomorphe au groupe des classes (absolues) de k, et cela quel que soit p : soit $C(a_p)$ la classe d'idéaux de k qui correspond dans cet isomorphisme à un élément a_p de G_p. Formons maintenant le produit direct G' de tous les groupes G_p; et, parmi les éléments $a = (a_p)$ de G', donnés par leurs coordonnées a_p dans chacun des G_p, considérons ceux qui sont tels que la classe $C(a_p)$ soit la même quel que soit p : ils forment un sous-groupe de G', dont on vérifie aisément qu'il est isomorphe au groupe des caractères de Γ, donc au groupe G qu'on se proposait de construire. Quant à établir

([1]) Au sens de J. HERBRAND, *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 504.

effectivement un isomorphisme entre le groupe ainsi obtenu et le groupe de Galois de A/k, c'est ce qu'il est facile de faire au moyen de la loi de réciprocité.

Un autre groupe intéressant en cette sorte de question, c'est le groupe $\overline{\Gamma}$ des *Grössencharaktere* de E. Hecke (¹) : il n'est pas difficile non plus de former le groupe $\overline{G}$ dual de $\overline{\Gamma}$, ce qui fournit, puisque $\overline{\Gamma}$ contient Γ, une nouvelle solution du problème ci-dessus. Il suffit pour cela, comme plus haut, de former pour chaque p le groupe $\overline{G}_p$ dual du groupe $\overline{\Gamma}_p$ des *Grössencharaktere* dont le conducteur ne renferme pas d'autre diviseur premier que p : pour cela, on commence par topologiser $\mathcal{G}_p$, en prenant pour voisinage de l'unité, n et $\varepsilon > 0$ étant arbitrairement choisis, l'ensemble des idéaux principaux (α) dans $\mathcal{G}_p$ tels que $\alpha \equiv 1 \pmod{p^n}$ et que $|\alpha^{(\nu)} - 1| < \varepsilon$ pour tous les conjugués $\alpha^{(\nu)}$ de α; si l'on « complète » $\mathcal{G}_p$, par rapport à cette famille de voisinages (²), on obtient précisément $\overline{G}_p$; il est inutile d'ailleurs de considérer les $\overline{G}_p$ correspondant à p infini. De même que plus haut, tous les $\overline{\Gamma}_p$ ont un sous-groupe commun $\overline{\gamma}_0$, celui des *Grössencharaktere* de conducteur 1, et par conséquent tout $\overline{G}_p$ possède un sous-groupe $\overline{G}_p^{(0)}$ tel que $\overline{G}_p/\overline{G}_p^{(0)}$ soit le groupe dual de $\overline{\gamma}_0$; alors $\overline{G}$ apparaît comme sous-groupe du produit direct de tous les $\overline{G}_p$, formé des éléments $a = (\overline{a}_p)$ tels que l'élément $C(\overline{a}_p)$ de $\overline{G}_p/\overline{G}_p^{(0)}$ qui correspond à $\overline{a}_p$ soit le même quel que soit p.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur les chaînes de Markoff.* Note de M. **Wolfgang Dœblin**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Nous avons indiqué quelques nouvelles propriétés des chaînes simples constantes de Markoff (³). *Nous nous proposons de préciser maintenant deux cas plus généraux où des propriétés assez analogues peuvent être également démontrées.* (Il nous a même été possible d'étendre ces résultats à des cas plus généraux encore que nous ne précisons pas ici.)

1. *Chaînes variables discontinues.* — Envisageons un système matériel

(¹) *Math. Zeitschr.*, 6, 1920, p. 11.

(²) Au sens de la théorie que j'ai esquissée, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1147; voir aussi un Mémoire à paraître prochainement dans les *Public. de l'Inst. de Math. de Strasbourg*.

(³) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 24-26.

ne pouvant prendre qu'un nombre fini d'états $E_1, \ldots, E_k$. Soit $p_{ij}^{(n)}$ la probabilité pour que le système passe de l'état E_i à la $(n-1)^{\text{ième}}$ épreuve à l'état E_j à la $n^{\text{ième}}$ épreuve, $p_{ij}^{(n)}$ ne dépendant que de n, i et j. Nos résultats se réfèrent au cas où se trouve réalisée la condition suivante. Les $p_{ij}^{(n)}$ varient de telle sorte que, pour un certain nombre de couples ij, $p_{ij}^{(n)} = 0$ quel que soit n, pour tous les autres $p_{ij}^{(n)} > a > 0$, quel que soit n. Cette condition équivaut à la suivante : le rapport $p_{ij}^{(n)}/p_{ij}^{(m)}$ est borné quels que soient i, j, n et m.

2. *Chaînes constantes continues.* — Soit W un ensemble mesurable (L) d'un espace euclidien à un nombre fini de dimensions. Envisageons un point mobile se mouvant sur W, son mouvement étant repéré dans une suite d'instants nommés épreuves, et la probabilité pour que le point mobile passe dans une épreuve de l'état E dans l'ensemble $\mathcal{E}$ [mesurable (L)] étant $P^{(1)}(E, \mathcal{E})$. Soit $P^{(n)}(E, \mathcal{E})$ le $n^{\text{ième}}$ itéré de $P^{(1)}(E, \mathcal{E})$. Nos résultats se réfèrent au cas où est réalisée une des deux hypothèses suivantes :

A. $\text{mes}(\omega) < \infty$, et il existe un entier N et deux nombres positifs a et η tels que $P^{(N)}(E, \mathcal{E}) < 1 - a$ si $\text{mes}(\mathcal{E}) < \mu$, quel que soit E.

B. $\text{mes}(\omega) = \infty$, et il existe un entier N, deux nombres positifs a et η, un point F et une sphère S de rayon fini autour de F, tels que $P^{(N)}(E, \mathcal{E}) < 1 - a$ si $\text{mes}(\mathcal{E}, S) < \eta$ quel que soit E.

Nous avons étudié le mouvement du système ou du point mobile, ainsi que les variables aléatoires attachées à ce mouvement.

Nous espérons pouvoir donner ailleurs la forme précise des énoncés qui remplacent dans ce cas les énoncés de notre Note précédente.

STATISTIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur la loi de probabilité limite d'un système de variables aléatoires.* Note (¹) de M. J. **Neyman**, présentée par M. Émile Borel.

Je considère dans cette Note un système de variables aléatoires qui joue un rôle important dans la théorie de la méthode ψ de vérification d'une hypothèse statistique h, développée dans ma Note précédente (²).

Soit $\{y_i\}$ une suite illimitée de variables aléatoires indépendantes sui-

---

(¹) Séance du 23 novembre 1936.

(²) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 1047.

vant la même loi de probabilité élémentaire

$$(1)\qquad \begin{cases} p(y_i \mid \theta_1, \ldots, \theta_k) = ce^{\sum_{j=1}^{n} \theta_j \pi_j} & \text{pour } 0 < y_i < 1, \\ = 0 & \text{ailleurs,} \end{cases}$$

où π_j est un polynome de $j^{\text{ième}}$ degré en y, tel que

$$(2)\qquad \int_0^1 \pi_i \pi_j \, dy = \begin{cases} 0, & \text{si } i \neq j \\ 1, & \text{si } i = j \end{cases} \qquad (i, j = 0, 1, 2, \ldots)$$

et c une constante telle que l'intégrale de $p(y_i \mid \theta_1, \ldots, \theta_k)$ pris entre les limites zéro et un soit égale à l'unité. Soit

$$u_i(n) = n^{-\frac{1}{2}} \sum_{j=1}^{n} \pi_i(y_j) \qquad \text{et} \qquad \vartheta_i = \theta_i \sqrt{n}.$$

Soit enfin $p(n, \vartheta)$ la loi de probabilité élémentaire simultanée des variables $u_1(n), u_2(n), \ldots, u_k(n)$ déduite de (1) en supposant que $\vartheta_1, \vartheta_2, \ldots, \vartheta_k$ ont de telles valeurs fixes. En particulier $p(n, 0)$ désignera la loi $p(n, \vartheta)$ correspondant à $\vartheta_1 = \vartheta_2 = \ldots = \vartheta_k = 0$.

Théorème. — *Quel que soit le domaine w dans l'espace a k dimensions avec les coordonnées $u_1, u_2, \ldots, u_k$ la probabilité* $P\{U_n \in w \mid \vartheta\}$ *pour que le point* U_n *avec les coordonnées $u_1(n), u_2(n), \ldots, u_k(n)$ se trouve dans w tend vers la limite*

$$(3)\qquad \lim_{n \to \infty} P\{U_n \in w \mid \vartheta\} = \left(\frac{1}{\sqrt{2\pi}}\right)^n \int \cdots \int_w e^{-\frac{1}{2}\sum_{i=1}^{k}(u_i - \vartheta_i)^2} du_1 \ldots du_k$$

lorsque n croît indéfiniment, tandis que les nombres ϑ_i restent fixes.

Il suffit de démontrer ce théorème en supposant que w est borné. Désignons par w_n le domaine dans l'espace à n dimensions avec les axes de coordonnées $y_1, y_2, \ldots, y_n$, déterminé par la condition $U_n \in w$. Il est évident que

$$(4)\qquad P\{U_n \in w \mid \vartheta\} = c^n \int \cdots \int_{w_n} e^{\Sigma \vartheta_i u_i(n)} dy_1 \ldots dy_n = \int \cdots \int_w p(n, \vartheta)\, du_1 \ldots du_k.$$

D'autre part, si l'on pose $\vartheta_1 = \vartheta_2 = \ldots = \vartheta_k = 0$, on a

$$(5)\qquad P\{U_n \in w \mid 0\} = \int \cdots \int_{w_n} dy_1 \ldots dy_n = \int \cdots \int_w p(n, 0)\, du_1 \ldots du_k,$$

et il aisé de voir $p(n, \vartheta) = c^n e^{\Sigma \vartheta_i u_i} p(n, 0)$. En appliquant le théorème

limite de M. S. Bernstein (¹) aux sommes $u_i(n)$ dans le cas où $\vartheta_1 = \vartheta_2 = \ldots = \vartheta_k = 0$, on trouve, que quel que soit w,

$$(6) \qquad \lim_{n \to \infty} \int \cdots \int_w p(n, 0)\, du_1 \ldots du_k = \left(\frac{1}{\sqrt{2\pi}}\right)^k \int \cdots \int_w e^{-\frac{1}{2}\Sigma u_i^2}\, du_1 \ldots du_k,$$

et cela uniformément. Il s'en suit que pour tout domaine borné w on a uniformément

$$(7) \qquad \lim_{n \to \infty} \int \cdots \int_w \left[p(n, \vartheta) - \frac{c^n}{(2\pi)^{\frac{1}{2}k}} e^{\frac{1}{2}\Sigma\vartheta^2} e^{\frac{1}{2}\Sigma(u_i - \vartheta_i)^2} \right] du_1 \ldots du_k = 0.$$

Mais

$$(8) \qquad c^{-1} = \int_0^1 e^{\Sigma\theta_i \pi_i}\, dy = \int_0^1 \left[1 + \sum_{i=1}^k \theta_i \pi_i + \frac{1}{2}\left(\sum_{i=1}^k \theta_i \pi_i\right)^2 + \frac{1}{\sigma}\left(\sum_{i=1}^k \theta_i \pi_i\right)^3 e^{\alpha \Sigma\theta_i \pi_i} \right] dy$$

avec $0 < \alpha < 1$. Ayant égard aux propriétés des polynomes π_i on trouve

$$(9) \qquad c^{-1} = 1 + \frac{1}{2n} \sum_{i=1}^k \vartheta_i^2 + \frac{R}{n^{\frac{3}{2}}},$$

où R est borné. Donc, lorsque n croît indéfiniment, c^n tend vers $e^{-\frac{1}{2}\Sigma\vartheta_i^2}$. Ce dernier résultat, combiné avec (7), achève la démonstration du (3).

Il s'ensuit que, lorsque le nombre n est grand, la probabilité $P\{U_n \in w \mid \vartheta\}$ est à peu près égale à l'intégrale de la formule (3).

L'équation (3) permet de calculer la valeur approchée de la probabilité pour que la méthode Ψ découvre l'inexactitude de l'hypothèse h lorsque la loi de probabilité de y appartient à Ω_n et le critérium employé est $\Psi_m^2(n) = \sum_{i=1}^m u_i^2(n)$, où m peut être égale à k ou non.

GÉOMÉTRIE. — *Généralités sur le tétraèdre.*

Note de M. **Paul Delens**, présentée par M. Élie Cartan.

1. Signalons d'abord l'origine projective commune de plusieurs relations connues du tétraèdre, ainsi que certaines extensions. Soient A′, B′, C′, D′ les points-masses constitués des sommets A, B, C, D du tétraèdre $\mathfrak{T}$, affectés de masses positives α, β, δ, γ; d'où les systèmes de points-masses

(¹) *Math. Ann.*, 97, 1927, p. 44.

(ou de vecteurs) $\varepsilon_A A' + \varepsilon_B B' + \varepsilon_C C' + \varepsilon_D D'$, les ε valant, indépendamment, $+1$, -1, 0. Les relations linéaires entre ces points entraînent des relations quadratiques *algébriques* simples entre certains groupes, en particulier ceux de 8 *points associés*, communs aux quadriques d'un réseau linéaire ponctuel. Posons

$$(1) \qquad \pm 2M_i = \varepsilon_A A' + \varepsilon_B B' + \varepsilon_A \varepsilon_B C' + D', \qquad \pm 2M_J = \varepsilon_A A' + \varepsilon_B B' - \varepsilon_A \varepsilon_B C' + D'$$

avec

$$\varepsilon_A = \pm 1, \qquad \varepsilon_B = \pm 1, \qquad i = 0, 1, 2, 3, \qquad J = A, B, C, D;$$

les 3 groupes de 8 points (J) et (M_i), (J) et (M_J), (M_i) et (M_J), sont des groupes de points associés. Les tétraèdres précédents, où $(J) \equiv \mathfrak{T}$, ont des situations réciproques *symétriques*; ils sont conjugués à une même quadrique, et leurs faces donnent aussi 3 groupes de 8 *plans associés*. Les relations quadratiques

$$(2) \qquad \sum_4 M_i^2 = \sum_4 M_J^2 = A'^2 + B'^2 + C'^2 + D'^2$$

équivalent aux relations analogues (avec masses) entre les distances des points en cause à un plan arbitraire; si ce plan est à l'infini, les relations ont lieu entre les masses des points.

En substituant dans (2) des carrés *intérieurs* (¹) aux carrés algébriques, les relations auront lieu entre sphères (sphères de Monge des quadriques tangentielles précédentes); on peut les traduire entre les puissances d'un point P, ou d'une sphère, arbitraire, et des sphères en jeu. On peut aussi prolonger (1) et (2) pour les sphères orientées de Laguerre et de Lie.

2. Pour α, β, γ, δ proportionnels aux aires s_J des faces de $\mathfrak{T}$, ou aux inverses des hauteurs h_J, les points M_i ont pour positions I_i les centres des sphères inscrites et des combles, les M_J celles, I_J, des centres des sphères exinscrites; d'où

$$(3) \qquad \sum_4 \frac{I_i^2}{r_i^2} = \sum_4 \frac{I_J^2}{r_J^2} = 4\sum_4 \frac{J^2}{h_J^2},$$

$$(4) \qquad \sum_4 \frac{1}{r_i^2} = \sum_4 \frac{1}{r_J^2} = 4\sum_4 \frac{1}{h_J^2},$$

$$(5) \qquad \sum_4 \frac{\overline{PI}_i^2 - \lambda_i r_i^2}{r_i^2} = \sum_4 \frac{\overline{PI}_J^2 - \mu_J r_J^2}{r_J^2} = \sum_4 \frac{\overline{PJ}^2 - \nu_J h_J^2/4}{h_J^2/4} \quad \left(\sum_4 \lambda_i = \sum_4 \mu_J = \sum_4 \nu_J\right).$$

(¹) Cf. P. Delens, *Bull. Soc. math. de France*, **61**, 1933, p. 96.

Les relations (5) mettent en évidence, pour chaque choix des λ, μ, ν, une sphère de centre K, point de Lemoine de $\mathfrak{T}$, de coordonnées barycentriques homogènes s_J^2.

3. Les plans-masses donnent des relations analogues aux précédentes. Soient ainsi [BCD], [CDA], [DAB], [ABC] désignés par $-2\mathfrak{S}_A$, $2\mathfrak{S}_B$, $-2\mathfrak{S}_C$, $2\mathfrak{S}_D$, et

$$\pm 2\mathfrak{S}_i = \varepsilon_A \mathfrak{S}_A + \varepsilon_B \mathfrak{S}_B + \varepsilon_A \varepsilon_B \mathfrak{S}_C + \mathfrak{S}_D, \qquad 3\mathfrak{V} = \mathfrak{S}_0 \qquad (\varepsilon_A = \varepsilon_B = 1);$$

d'où

$$(6) \qquad 9\mathfrak{V}^2 + \mathfrak{S}_1^2 + \mathfrak{S}_2^2 + \mathfrak{S}_3^2 = \mathfrak{S}_A^2 + \mathfrak{S}_B^2 + \mathfrak{S}_C^2 + \mathfrak{S}_D^2.$$

En passant aux relations entre bivecteurs, le trivecteur $\mathfrak{V}$ attaché au plan de l'infini n'intervient plus; les carrés scalaires des bivecteurs sont liés par

$$(7) \qquad \sum_3 s_i^2 = \sum_4 s_J^2 \qquad \text{ou} \qquad \sum_3 1/h_i^2 = \sum_4 1/h_J^2 \qquad (i = 1, 2, 3),$$

les h_i étant les plus courtes distances des arêtes opposées de $\mathfrak{T}$.

4. On doit prévoir, en passant du triangle au tétraèdre, la dissémination, selon la géométrie considérée, des éléments remarquables du premier. Ainsi pour le *premier* point K de Lemoine, ci-dessus, on substitue aux côtés du triangle les aires des faces de $\mathfrak{T}$; un autre point de départ leur substituerait les diamètres $2R_J$ des cercles circonscrits aux faces. La substitution intermédiaire des quantités $\sqrt{2R_J s_J}$ est plus intéressante; des masses proportionnelles aux carrés de ces quantités, aux sommets de $\mathfrak{T}$, introduisent, selon (1), 8 points L_i, L_J. Or : *le tétraèdre* (L_i) *est le seul tétraèdre autopolaire à la fois pour les polarités relatives à* $\mathfrak{T}$ *et à sa sphère circonscrite* $\mathcal{O}$; *le tétraèdre* (L_J) *est le seul tétraèdre* (M_J) *inscrit dans* $\mathcal{O}$. On retrouve ainsi, *sur* $\mathcal{O}$, *la géométrie binaire complexe du groupe* (J); *dans l'espace, la géométrie anallagmatique du même groupe*.

Le point $L(\equiv L_0)$ intérieur à $\mathfrak{T}$ peut être considéré comme un *deuxième point de Lemoine*, son plan polaire Λ comme *plan de Lemoine;* la *droite de Brocard* OL porte 2 *points isodynamiques* W, W*, et la sphère de diamètre OL est *sphère de Brocard;* le réseau des sphères passant par W, W* contient 6 *sphères d'Apollonius*, centrées sur les arêtes de $\mathfrak{T}$. Ces extensions seront développées dans un autre Recueil.

GÉOMÉTRIE. — *Sur les transformations de Ribaucour.*
Note de M. **Augustin Delgleize**, présentée par M. Élie Cartan.

1. Considérons deux surfaces minima S et Σ se correspondant dans une transformation de Ribaucour ([1]) et représentons par γ_1, γ_2, ω, φ les fonctions relatives à cette transformation. Nous supposerons que ces surfaces sont rapportées au système de coordonnées formé par les lignes de courbure. La surface des centres S_0 de cette congruence de sphères est une déformée du paraboloïde de révolution (premier théorème de Guichard) et l'on peut déterminer une surface Ω déformée du même paraboloïde, telle que S_0 et Ω soient les deux nappes de la surface focale d'une congruence W normale. La congruence W étant donnée, on connaît, par cela même, une surface S' correspondant à S_0 avec orthogonalité des éléments et les coordonnées x', y', z' de S' sont définies par les équations

$$x' = \frac{c}{w}(\gamma_2 X_1 - \gamma_1 X_2), \qquad y' = \frac{c}{w}(\gamma_2 Y_1 - \gamma_1 Y_2), \qquad z' = \frac{c}{w}(\gamma_2 Z_1 - \gamma_1 Z_2),$$

où c est une constante.

2. Cela posé, considérons deux surfaces $\overline{S}$ et $\overline{\Sigma}$ se correspondant dans une transformation de Ribaucour, ces surfaces étant rapportées au réseau (u, v) de leurs lignes de courbure, et soit $\overline{S}_0$ la surface des centres. Les fonctions γ_1, γ_2, w, φ de la transformation de Ribaucour étant connues, on peut déterminer une surface $\overline{S'}$ de coordonnées

$$\bar{x}' = \frac{c}{w}(\gamma_2 \overline{X}_1 - \gamma_1 \overline{X}_2), \qquad \bar{y}' = \frac{c}{w}(\gamma_2 \overline{Y}_1 - \gamma_1 \overline{Y}_2), \qquad \bar{z}' = \frac{c}{w}(\gamma_2 \overline{Z}_1 - \gamma_1 \overline{Z}_2).$$

Pour que les deux surfaces $\overline{S}_0$ et $\overline{S}'$ se correspondent avec orthogonalité des éléments, il faut et il suffit que le rayon $R = -\varphi w$ de la congruence de sphères soit solution de l'équation

$$F(-R)(1 - \Delta_1 R) = 1, \tag{1}$$

où $\Delta_1 R$ est le paramètre différentiel calculé pour la surface $\overline{S}_0$ et $F(-R)$ une fonction arbitraire de $-R$.

([1]) Nous dirons que deux surfaces se correspondent dans une transformation de Ribaucour si elles sont les deux nappes de l'enveloppe d'une famille de sphères à deux paramètres et si cette correspondance a lieu avec conservation des lignes de courbure. A. Demoulin, *Bull. de l'Acad. de Belgique,* Classe des Sciences, 5, 1919, p. 169.

Connaissant les coefficients H_1^2, H_2^2 et h_1^2, h_2^2 de la première forme fondamentale et de l'élément linéaire sphérique de s, on sait ([1]) que les fonctions γ_1, γ_2, w, φ sont solutions d'un système d'équations aux dérivées partielles et l'on a notamment

$$\frac{\partial\gamma_1}{\partial v} = \frac{1}{H_1}\frac{\partial H_2}{\partial u}\gamma_2, \qquad \frac{\partial\gamma_2}{\partial u} = \frac{1}{H_2}\frac{\partial H_1}{\partial v}\gamma_1.$$

La relation (1) permet de déterminer deux équations aux dérivées partielles en $\partial\gamma_1/\partial u$, $\partial\gamma_2/\partial v$ et les conditions d'intégrabilité se réduisent à

$$(2) \qquad F''\left(\frac{\varphi}{w}\right)\left(1-\frac{\varphi}{w}H+\frac{\varphi^2}{w^2}K\right)+F'\left(\frac{\varphi}{w}\right)\left(H-\frac{2\varphi}{w}K\right)+2FK=0,$$

où H et K sont respectivement la courbure moyenne et la courbure totale de la surface s.

L'équation (2) sera en particulier vérifiée si l'on prend

$$F\left(\frac{\varphi}{w}\right) = a\frac{\varphi^2}{w^2}+2b\frac{\varphi}{w}+c,$$

où a, b, c sont des constantes, sous la condition que l'on ait

$$a+bH+cK=0.$$

Il suit de là que la surface $\overline{S}$ sera parallèle à une surface minima ou à une surface à courbure constante.

Si la courbure moyenne H est constante, on obtiendra la relation

$$\gamma_1^2+\gamma_2^2+w^2=2b\varphi w-bH\varphi^2,$$

et l'on vérifiera que la courbure moyenne de la surface transformée $\overline{\Sigma}$ est aussi constante.

Lorsque la courbure totale K est constante, on aura

$$\gamma_1^2+\gamma_2^2+w^2=cw^2-Kc\varphi^2,$$

et la surface transformée $\overline{\Sigma}$ sera à courbure constante.

Ainsi, pour ces différentes classes de surfaces, on peut rattacher la théorie des transformations de Ribaucour au problème de la correspondance avec orthogonalité des éléments.

([1]) L. Bianchi, *Lezioni di geometria differenziale*, vol. II, 1re Partie, 3e édition, Bologne, 1923.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Sur une famille de surfaces à plan tangent définie par le paratingent second.* Note [1] de M. **Jean Mirguet**, présentée par M. Élie Cartan.

1. Parmi les applications des principes généraux sur les ensembles dont le paratingent de rang K est incomplet [2] et, en particulier, des surfaces dont le paratingent second n'admet qu'un nombre fini de droites [3], M. Bouligand signale les propriétés des surfaces S dont le paratingent second est partout réduit à deux droites : quand les surfaces S sont de révolution, elles présentent partout un plan tangent réparti continûment [4].

Le présent travail a pour but de montrer que l'existence d'un plan tangent partout et sa répartition continue appartient à une autre famille de surfaces S : celle, d'allure assez générale, *où l'angle des deux paratingentes secondes reste supérieur à un angle fixe.*

2. Ce résultat a pour base le lemme suivant :

Lemme. — *Étant donné un triplet aligné* $P_iQ_iR_i$ *d'une surface* S, *dont les trois éléments tendent simultanément vers un point* M *et tels que* MP_i, MQ_i *et* MR_i *tendent vers une même demi-tangente* MT, *une paratingente seconde* D, *limite de la droite* $P_iQ_iR_i$ *est dans un plan d'appui du contingent relatif à* MT.

La démonstration de ce lemme s'appuie sur cette remarque : Z′MZ, direction exclue du paratingent ordinaire de la surface en M, étant appelée *verticale* et Q_i désignant l'élément intermédiaire du triplet aligné $P_i\,Q_i\,R_i$, s'il existait sur la section $A_i\,P_i\,Q_i\,R_i\,B_i$ de la surface par le plan vertical V de $P_i\,Q_i\,R_i$ deux points, A_i et B_i, tendant vers M en même temps que P_i, Q_i et R_i, *séparés* par la droite $P_i\,Q_i\,R_i$ et tels que ni l'un ni l'autre des angles $A_i\,Q_i\,P_i$ et $B_i\,Q_i\,R_i$ ne tendent vers zéro, la section $A_i\,P_i\,Q_i\,R_i\,B_i$ serait rencontrée par une infinité de droites, issues de Q_i dans V, en trois points distincts; les éléments de ces nouveaux triplets alignés tendraient simultanément vers M avec P_i, Q_i et R_i et cette infinité de droites remplirait indé-

---

[1] Séance du 30 novembre 1936.

[2] G. Bouligand, *Introduction à la Géométrie infinitésimale directe*, Chap. XIV, Paris, 1932, p. 127.

[3] *Loc. cit.*, p. 149 et *Bull. de l'Ac. Polonaise des Sc. et Lettres,* série 1930, p. 412.

[4] *Op. cit.*, p. 151 à 153.

finiment l'un ou l'autre des angles $A_i Q_i P_i$ ou $B_i Q_i R_i$. A la limite, le plan vertical de D contiendrait une infinité de paratingentes secondes.

D'après cette remarque :

1° Si D est dans le plan vertical de MT, elle doit porter MT.

2° Si D n'est pas dans le plan vertical de MT, soient MT_1 et MT_2 deux demi-tangentes telles que MT se projette parallèlement à Z'MZ sur le plan T_1MT_2 dans l'angle $(< \pi)$ de MT_1 et MT_2 : si le plan T_1MT_2 contient MT il doit contenir D.

3° Si le plan T_1MT_2 ne contient pas MT, le plan DMT ne doit pas pénétrer le dièdre $(< \pi)$ d'arête MT et de demi-plans TMT_1 et TMT_2.

Avec ces conclusions, on obtient le lemme énoncé si l'on observe la structure du ctg aux surfaces S : aux indications données par M. Bouligand (1) sur les sections par les plans verticaux de M, ajoutons ces précisions : le ctg est convexe, pouvant se réduire à un plan ou présenter des faces planes èt, par suite, admet au moins un plan d'appui pour toute demi-tangente.

Donc, que la paratingente seconde D porte MT (comme dans la précédente conclusion 1°) ou soit dans T_1MT_2 (conclusion 2°), elle est dans un plan d'appui du ctg; il en est de même pour la conclusion 3°, si l'on compare MT à tous les couples de demi-tangentes MT_1 et MT_2 qui tendent simultanément vers MT de toutes les manières possibles.

3. Ce qui précède concerne toutes les surfaces S. En introduisant cette particularité que l'angle aigu des deux paratingentes secondes reste supérieur à un angle fixe, on voit alors qu'étant donné une suite de points A_i de la surface qui tendent vers M, chacune des paratingentes secondes, D_1 et D_2, en M, est limite d'une des paratingentes en A_i. Choisissons la suite A_i pour que MA_i tende vers une seule demi-tangente MT; on pourra trouver, dans un voisinage assez restreint de chaque point A_i, un triplet aligné $P_iQ_iR_i$ tel que MP_i, MQ_i et MR_i tendent simultanément vers MT et que la droite $P_iQ_iR_i$ tende vers D_1, quand A_i tend vers M. Donc, d'après le lemme, D_1 doit être dans un plan d'appui du ctg relatif à MT; de même pour l'autre paratingente seconde D_2. Or, MT est quelconque; donc, D_1 et D_2 doivent être dans des plans d'appui du ctg *l'une et l'autre par rapport à toute demi-tangente*.

Cette propriété des deux paratingentes secondes en M restreint les pos-

(1) *Loc. cit.*, p. 151.

sibilités de structure du ctg : seule la planéité convient à un ctg convexe de surface. D'où la planéité du ctg annoncée.

4. De la planéité du ctg résulte celle du ptg. Supposons, en effet, qu'il existe une paratingente ordinaire Δ en dehors du plan du ctg et soit P_iQ_i une corde de la surface tendant vers Δ; P_i et Q_i tendent nécessairement vers M par une même demi-tangente MT_1. Soient A_i et B_i deux points de la surface situés dans le plan vertical de P_iQ_i et qui tendent vers M par deux demi-tangentes respectives MT_2 et MT_3 telles que MT_1 soit dans l'angle ($<\pi$) de MT_2 et MT_3.

Dans le plan vertical de P_iQ_i, la droite P_iQ_i finit par *séparer* A_i et B_i quand P_iQ_i tend vers M; alors, il y a indéfiniment dans ce plan une droite séparant A_i de P_i, P_i de Q_i, Q_i de B_i et qui porte, par suite, un triplet aligné de la surface dont les éléments tendent vers M en même temps que A_i et B_i. La limite du plan vertical de P_iQ_i contient donc une paratingente seconde. Donc, Δ doit se trouver sur un des deux plans verticaux contenant les paratingentes secondes en M; dans tous les autres plans verticaux de M, les paratingentes ordinaires sont sur le plan du ctg.

Par suite, l'existence d'une paratingente hors du plan du ctg supposerait un paratingent non plan et sans élément intérieur, hypothèse dont j'ai antérieurement montré [1] le caractère contradictoire.

TOPOLOGIE. — *Sur les extensions de continu.* Note de M. **Arnaud Denjoy**.

Les problèmes de Mécanique analytique donnent de l'intérêt aux ensembles qui, à l'exemple des trajectoires indéfinies d'un point en mouvement, sont la réunion d'une suite de continus croissants, ce que nous appellerons une *extension de continu*. On conçoit l'utilité de chercher sur un ensemble fermé donné, les extensions de continu qui, par exemple, passent en un point et en approchent un autre indéfiniment sans jamais l'atteindre. Des problèmes de cette sorte font l'objet de la présente Note.

Nous désignerons par les lettres k, $\varkappa$, affectées ou non d'accents et d'indices, des continus, $\varkappa$ étant majeur (c'est-à-dire non inclus dans un autre) d'une espèce donnée. A, B étant des points ou des ensembles fermés disjoints, E un ensemble (généralement fermé), continu entre A et B, $k(A, B|E)$, $\varkappa(A|E)$ désignent des ensembles inclus dans E, contenant

[1] J. Mirguet, *Comptes rendus*, **195**, 1932, p. 592.

(ou joints à) A, B. e et e' étant deux ensembles fermés. $\chi(e, e' \mid \mathrm{E})$ désignera la somme de tous les continus majeurs $\varkappa(e, e' \mid \mathrm{E})$.

h, η désigneront des extensions de continus, donc $h = \Sigma k_n$, k_n étant continu et croissant ($k_n < k_{n+1}$). η sera majeur, θ sera la somme des extensions majeures η vérifiant des conditions de jonction données.

Une extension de continu est un semi-continu, c'est-à-dire un ensemble u dont deux points quelconques A, B sont joints par un continu $k(\mathrm{A}, \mathrm{B} \mid u)$. Mais *pour qu'un semi-continu u soit extension de continu, il faut encore que* $\bar{u} - u$ ($\bar{u}$ fermeture, et ici dérivé de u) *soit un* G_δ.

Nous dirons qu'une extension de continu h *approche* le point ou l'ensemble fermé e, si e est disjoint de h, mais joint à $\bar{h}$. $h(e_1, e'_1, \ldots, \underline{e}, \underline{e}', \ldots \mid \mathrm{E})$ est joint à e_1, e'_1, ..., approche e, e', ..., est inclus dans E.

Nous dirons que l'extension h approche e et e', mais *e indépendamment de e'*, et nous la noterons $h(\underline{\underline{e}}, \underline{e}')$ si un point (donc tout point) M de h appartient à un continu $k_\varepsilon(\mathrm{M} \mid h)$ dont la distance à e est inférieure à ε, tandis que la distance de $k_\varepsilon(\mathrm{M} \mid h)$ à e' surpasse un nombre positif indépendant de ε.

Soient e, e' deux ensembles fermés joints à (ou inclus dans) E fermé, continu entre e et e'; c_n, c'_p deux ensembles ouverts contenant e, e', tels que les frontières f_n, f'_p de c_n, de c'_p soient dans f_{n-1}, dans f'_{p-1}, et que l'écart *de f_n, f'_n à e, à e'* tende vers o quand n croît :

1° *Il existe toujours un* $h(\underline{e}, e' \mid \mathrm{E})$ un $h(e, \underline{e}' \mid \mathrm{E})$ et

$$\theta(\underline{e}, e' \mid \mathrm{E}) = \underline{\lim}\,(f_n, e' \mid \mathrm{E} - c_n . \mathrm{E}).$$

indépendamment du choix des c_n.

2° *Il existe toujours un* $h(\underline{e}, \underline{e}' \mid \mathrm{E})$. Si $\chi(f_n, f'_p \mid \mathrm{E} - c_n . \mathrm{E} - c'_p . \mathrm{E}) = \chi_{n,p}$, $\underline{\lim}\, \chi_{n,n}$ existe quel que soit le choix des c_n, c'_n et est formé d'extensions majeures $\eta(\underline{e}, \underline{e}' \mid \mathrm{E})$.

Si $h(\underline{\underline{e}}, \underline{e}' \mid \mathrm{E})$ existe, il appartient à $\underline{\lim}_{p\infty}\ \underline{\lim}_{n\infty} \chi_{n,p}$.

Si un $h(\underline{e}, \underline{e}' \mid \mathrm{E})$ est donné (n'approchant ni e ni e' indépendamment de l'autre), on peut choisir les c_n, c'_n de façon que cette extension soit dans $\underline{\lim}\, \chi_{n,n}$ ou de façon qu'elle ne soit pas dans $\overline{\lim}_{n\infty, p\infty} \chi_{n,p}$.

Voici comment on peut construire des continus Γ' tels que, pour deux certains ensembles fermés e, e' situés dans Γ', il n'existe ni $h(\underline{\underline{e}}, \underline{e}' \mid \Gamma')$ ni $h(\underline{e}, \underline{\underline{e}}' \mid \Gamma')$, à plus forte raison pas de $h(\underline{\underline{e}}, \underline{\underline{e}}' \mid \mathrm{E})$.

Considérons des continus indécomposables C du type que j'avais décrit dans une Note de 1911. Soit R un rectangle de bases β, β' parallèles à Ox, de côtés α, α' parallèles à Oy, coupé par Ox suivant ab. Soit R^+ la région finie de R, ϖ un ensemble parfait totalement discontinu d'extrémités a, b. Nous considérons des régions ρ, ρ^1, ... ayant toutes la même frontière C (et telles que $\Sigma\rho^i$ est partout dense dans R^+), formées de *bras coudés* parallèles aux axes. ρ^i est une file de trapèzes $t^i_m(-\infty < m < \infty$ pour $i = 0$, $i = 1)$. t^i_m a ses bases parallèles à Oy si m est pair, à Ox si m est impair. Les t^i_{2s} sont coupés par Ox selon un contigu à ϖ. Soient $h(\rho^i)$ les bords de ρ^i, ρ'_1 la région formée des tiers médians de chaque trapèze de ρ,

$$\omega'_1 = \rho'_1 + h(\rho'_1).$$

T étant une transformation topologique changeant R^+ en ρ'_1, α, α' en les deux bords $h(\rho'_1)$, soit

$$\rho'_n = T_n(R^+), \qquad g_n = T_n(C - \beta - \beta'), \qquad \omega_n = T_n(R^+ + \alpha + \alpha'), \qquad \omega_\infty = \prod_1^\infty \omega_n.$$

$\Gamma = C + \Sigma g_n + \omega_\infty$ est continu (indécomposable).

Si A est un point de ω_∞, B un point de C, on constate que $h(\underline{\underline{B}}, \underline{A} \mid \Gamma)$ n'existe pas.

Si l'on effectue les opérations analogues à partir de la région ρ^1, $\Gamma + \Gamma^1 = \Gamma'$ est continu.

$h(\underline{\underline{A}}, \underline{A}^1 \mid \Gamma')$, $h(\underline{A}, \underline{\underline{A}}^1 \mid \Gamma')$ *n'existent pas.*

$h(\underline{A}, \underline{A}^1 \mid \Gamma') = C + \Sigma g_n + \Sigma g^1_n$.

L'ensemble ω_∞ invariant par la transformation T, offre une configuration remarquable.

Un continu sera dit *strict* entre e et e' et noté $k(\underline{e}, \underline{e'})$ s'il est le dérivé d'une extension approchant e et e'. Un continu irréductible est strict.

e et e' *étant deux continus disjoints*, $k_i(\underline{e}, \underline{e'})$ $(i = 1, 2, 3)$ *étant stricts entre* e *et* e', *disjoints hors de* $e + e'$, Γ *étant une courbe simple de Jordan, laissant* e *dans* Γ^+, e' *dans* Γ^-, u_i *étant* $\Gamma\chi(e, \Gamma \mid k_i - \Gamma^- k_i)$, u'_i *étant* $\Gamma\chi(e', \Gamma \mid k_i - \Gamma^+ k_i)$.

1° u_i, u'_i *sont sur des arcs-segments mineurs* σ_i, σ'_i *de* Γ; *les* σ_i, *les* σ'_i *étant disjoints.*

2° *L'ordre des* σ_i *et celui des* σ'_i *sur* Γ *sont les mêmes et indépendants de* Γ.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'étude dans l'espace complexe du potentiel créé par des corps réels.* Note (¹) de M. **Ferdinand Beer**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Dans une lettre adressée à M. F. Klein (²), M. P. Appell introduit un potentiel engendré par deux masses ponctuelles dont les coordonnées sont des quantités complexes conjuguées. Ce potentiel prend des valeurs réelles dans l'espace réel, mais y est multiforme; il existe une circonférence singulière autour de laquelle le potentiel se ramifie et sur laquelle la distance aux points attirants s'annule.

La distance r d'un point complexe Z à un autre point complexe C s'annule, en effet, non seulement lorsque C vient à coïncider avec Z, mais également lorsque C se trouve sur une certaine multiplicité à quatre dimensions dépendant de Z; décomposons le vecteur $\vec{r}$ en deux nouveaux vecteurs, l'un réel et l'autre purement imaginaire

$$\vec{r} = \vec{u} + i\vec{v}; \qquad \text{d'où} \quad r^2 = u^2 - v^2 + 2i(\vec{u}, \vec{v}),$$

r s'annulera lorsque $\vec{u}$ et $\vec{v}$ seront à la fois perpendiculaires et de même grandeur. Cette multiplicité, autour de laquelle r se ramifie, coupe l'espace réel suivant la circonférence qu'envisage M. Appell. Cette dernière détermine entièrement le point complexe Z; nous dirons qu'elle lui est *associée*. Elle se réduit à Z lorsque celui-ci devient réel.

Ces particularités de la distance nous ont incité, M. R. Wavre et moi, à étudier le potentiel créé par des corps réels lorsque le point potentié se trouve dans l'espace complexe. Le potentiel est une intégrale définie dépendant de paramètres, les coordonnées du point potentié. Il est donc naturel de l'étudier en donnant à ces paramètres des valeurs complexes, d'autant plus qu'en se limitant aux valeurs réelles, on n'envisage qu'un cas très particulier, cas de dégénérescence où certaines multiplicités nous apparaissent atrophiées. Un point complexe Z est à distance nulle d'une surface réelle S si la circonférence qui lui est associée a un ou plusieurs points communs avec S. Dans le réel, cette circonférence se réduit au point lui-même; Z est alors sur S. Dans le complexe, au contraire, Z peut

(¹) Séance du 3 novembre 1936.

(²) *Mathematische Annalen*, **30**, 1887, p. 155.

décrire une multiplicité à six dimensions dans laquelle il est possible de former un nouveau potentiel. La sphère, par exemple, donne ainsi naissance à un troisième potentiel.

Ces potentiels propres à l'espace complexe sont délicats à étudier car ils dépendent de coupures. Il est, en effet, indispensable d'attacher une membrane à la circonférence associée afin de déterminer sans ambiguïté le signe de r, cette fonction étant, on l'a vu, multiforme. Cette précaution est encore nécessaire dans le cas d'un potentiel de volume calculé en un point complexe à distance nulle de la masse attirante.

La critique de la convergence du développement de $1/r$ en les accroissements des coordonnées du point potentié Z nous prouve l'holomorphie et l'harmonicité du potentiel tant que la circonférence associée à Z ne rencontre pas le corps attirant. La continuité, elle, est assurée dans tout l'espace complexe, exception faite cependant pour le potentiel de double couche, qui est discontinu lorsque la circonférence associée entre en contact avec la couche ou la quitte.

Dans cette étude, les travaux de MM. Bruns, Hadamard, Schmidt et Wavre sur le prolongement du potentiel au travers des corps générateurs sont très utiles. Ils permettent, dans le réel, de comparer la fonction représentant le potentiel d'un côté de la surface S attirante, ou limitant un volume attirant, à celle qui le représente de l'autre côté de S. En étendant cette méthode au cas où la circonférence associée, et non plus le point lui-même, traverse S, on peut exprimer le potentiel calculé dans la multiplicité définie plus haut à l'aide d'un potentiel connu, prolongé et d'une fonction de passage appropriée. Ce procédé permet de calculer à partir de ses potentiels réels tous les nouveaux potentiels logarithmiques que crée un corps quelconque dans le complexe [1]. Dans le cas du potentiel newtonien envisagé ici, le problème est plus compliqué mais conduit néanmoins à des résultats intéressants. C'est ainsi, par exemple, que l'on met en évidence, pour une double couche de densité constante étendue sur une surface fermée simple, l'existence d'un troisième potentiel, qui est variable. Si cette surface est celle d'un cube, le nouveau potentiel ne prendra que quatre valeurs différentes, $2\pi\mu$, 0, $-2\pi\mu$, $-4\pi\mu$, où μ est la densité, suivant que la circonférence associée vient couper — sans traverser d'arêtes — une, deux, trois ou quatre faces du cube. D'autre part, on peut montrer que le poten-

---

[1] Voir la Note publiée dans le *Compte rendu des séances de la Société de Physique et d'Histoire naturelle de Genève*, vol. 52, n° 2, juin 1936, p. 108.

tiel créé par un volume homogène est égal, lorsque la circonférence associée à Z est tout entière dans le volume attirant, à la somme du potentiel intérieur connu, prolongé, et d'une expression proportionnelle à la densité et à la surface du cercle associé.

Bien des difficultés s'attachent à l'étude du potentiel lorsqu'on quitte l'espace réel. Peut-être est-ce cependant en passant par l'espace complexe, où l'on peut envisager les problèmes dans toute leur généralité, qu'on arrivera à résoudre certains de ceux que l'on se pose dans le réel.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les théorèmes d'addition des fonctions de Legendre*. Note [1] de M. **René Lagrange**, présentée par M. Émile Borel.

Avec les notations d'une Note récente [2], que nous poursuivons ici, la fonction $Q_m^n(z)$ de Barnes est représentée par l'intégrale

$$(1)\qquad Q_n^m(z) = \frac{\Gamma(-n)}{\Gamma(-m-n)} \frac{e^{(1-n)\pi i}}{4i\sin n\pi}\left(\frac{z-1}{z+1}\right)^{\frac{m}{2}} \int_{\Gamma'}\left[\frac{Q(t)}{P(t)}\right]^n \frac{dR(t,\sigma_2,\tau_1,\tau_2)}{R(t,\sigma_2,\tau_1,\tau_2)^{m+1}},$$

Γ' étant un huit dont un lacet est direct autour de σ_2, l'autre inverse autour de σ_1, et qui ne traverse pas l'arc de cercle $\tau_1\tau_2$ dont le prolongement passe par σ_1. Le raisonnement de la Note précédente, où seul est modifié le contour d'intégration, donne, au facteur $e^{2kn\pi i}$ (k entier) près,

$$(2)\qquad \begin{aligned} Q_n(z) &= \sum_{m=-\infty}^{\infty} J_{-n-1}^m(b)\frac{\Gamma(m-n)}{\Gamma(-n)}\left(\frac{b'+1}{b'-1}\right)^{-\frac{m}{2}} Q_n^{-m}(b')\left(\frac{\sigma_2}{\tau_2}\right)^m \\ &= \sum_{m=-\infty}^{\infty} P_n^m(b)\, Q_n^{-m}(b')\, e^{m(\nu'-\nu)}, \end{aligned}$$

pourvu que $\mathcal{R}(b) > 0$ et qu'un même contour Γ', situé dans la couronne $|\tau_1| < |t| < |\tau_2|$, convienne aux expressions (1) de $Q_n(z)$ et $Q_n^{-m}(b')$, c'est-à-dire ne traverse ni l'arc de cercle $\tau_1\tau_2$ ni la demi-droite $(0, -\sigma_1\infty)$. Il suffit que σ_1 et σ_2 soient dans une même région connexe délimitée dans la couronne par ces deux coupures. Outre cette condition de connexité, on

(1) Séance du 30 novembre 1936.

(2) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 915.

trouve ainsi les conditions $-\xi_1 < \mathcal{R}(v'-v) < \xi_{-1}$ et $-\xi_{-1} < \mathcal{R}(v'-v) < \xi_1$, donc

$$(3) \qquad 1, \quad \left|\frac{b'+1}{b'-1}\right|, \quad \left|\frac{b'-1}{b'+1}\right| < \left|\frac{b+1}{b-1}\right| \qquad \text{et} \qquad |\mathcal{R}(v'-v)| < \xi_1 \text{ et } \xi_{-1}.$$

Si $v = v' = 0$, τ_1, τ_2 et σ_1, σ_2 sont de part et d'autre de l'axe imaginaire, et toutes les conditions sont remplies dès que b, b' vérifient (3); z est en z_1, et l'on voit que $k = 0$ au voisinage de $b = 1$. Quand $\zeta = v' - v$ varie, à partir de $\zeta = 0$, le prolongement de (2) se fait donc, avec $k = 0$, dans la plus petite des deux ellipses $E(\xi_1)$, $E(\xi_{-1})$, tant que z ne traverse pas la coupure $(-\infty, 1)$ de $Q_n(z)$; lorsque z traverse $(-\infty, -1)$ ou $(-1, 1)$, le prolongement du premier membre de (2) est [1] $Q_n(z)e^{2n\pi i(\mathrm{sa}\,z)}$ ou $Q_n(z) + \pi i(\mathrm{sa}\,z)P_n(z)$. On a ainsi :

Théorème. — *Sous les conditions*

$$\left|\log\left|\frac{b'+1}{b'-1}\right|\right| < \log\left|\frac{b+1}{b-1}\right| \qquad \text{et} \qquad |R(\xi)| < \frac{1}{2}\left[\log\left|\frac{b+1}{b-1}\right| - \left|\log\left|\frac{b'+1}{b'-1}\right|\right|\right],$$

$$\sum_{m=-\infty}^{\infty} P_n^m(b)\,Q_n^{-m}(b')\,e^{m\zeta} = Q_n(z) + \pi i(\mathrm{sa}\,z)\,P_n(z) \quad \text{ou} \quad e^{n\pi i(\mathrm{sa}\,z - \mathrm{sa}\,z_1)}\,Q_n(z),$$

où $z = bb' + \sqrt{b^2-1}\,\sqrt{b'^2-1}\,\mathrm{ch}\,\zeta$, *suivant que le segment de droite* $z_1 z$ *traverse, ou non, la coupure* $(-1, 1)$. *La convergence est uniforme par rapport à* ζ *dans tout domaine fermé vérifiant l'inégalité.*

Pour $R(b') > 0$ et $\xi = 0$, on a l'énoncé d'Hoson.

Dans le plus petit des deux cercles $|t| = |\tau_1|$ et $|t| = |\tau_2|$, $P(t)^{-n-1}$ est développable en série entière; en l'écrivant $a^{n+1}[(at+b)^2-1]^{-n-1}$ et en observant que la dérivée généralisée

$$P_n^{(n+1)}(z) = \frac{2^{n+1}}{\Gamma(-n)}(z^2-1)^{-n-1}$$

et que $P_n^m(z) = (z^2-1)^{\frac{m}{2}}P_n^{(m)}(z)$, ce développement s'écrit

$$\left[\frac{P(t)}{2t}\right]^{-n-1} = \sum_{m-n-1=0}^{\infty} \frac{\Gamma(-n)}{\Gamma(-m-n)} P_n^m(b)\,e^{-mv}\,t^m,$$

grâce à quoi le raisonnement qui donne (2) fournit un second développe-

---

[1] On utilise les identités $Q_n(x+0) = Q_n(x-0) - \pi i P_n(x \pm 0i)$ si $-1 < x < 1$ et $Q_n(x+0i) = e^{-2\pi n i}\,Q_n(x-0i)$ si $x < -1$, et la notation $\mathrm{sa}\,z = \mathrm{sgn}\,\arg z$.

ment (2′) de $Q_n(z)$ ne différant que par les valeurs prises par l'indice m. Les conditions de validité sont que σ_1, σ_2, Γ' soient dans ce plus petit cercle; l'arc $\tau_1\tau_2$ étant extérieur, il suffit que Γ' ne coupe pas $(0, -\sigma_1\infty)$, ce qui est toujours possible. Pour préciser k, faisons tendre ξ vers l'infini $(\zeta = v - v' = \xi + i\omega)$, b, b', ω restant fixes. z tend vers l'infini sur la branche d'hyperbole de foyers z_1, z_{-1}, sans traverser le segment focal; les deux membres de (2′) sont respectivement équivalents à

$$e^{2kn\pi i}Q_n\left(\sqrt{b^2-1}\sqrt{b'^2-1}\,e^{\zeta}/2\right) \quad \text{et} \quad P_n^{n+1}(b)\,Q_n^{-n-1}(b')\,e^{(-n-1)\zeta}$$

et, grâce à

$$P_n^{n+1}(z) = -2^{n+1}\sin n\pi\,\Gamma(n+1)(z^2-1)^{\frac{-n-1}{2}},$$
$$Q_n^{-n-1}(z) = -2^{n+1}\cos n\pi\,\Gamma(n+1)\,\Gamma(-2n-1)(z^2-1)^{\frac{-n-1}{2}},$$

on voit que $k = 0$ si $\left|\arg\sqrt{b^2-1} + \arg\sqrt{b'^2-1} + \omega\right| < \pi$. On en déduit que, pour z, $k = (saz)$ ou 0 suivant que la branche d'hyperbole traverse, ou non, la coupure $(-\infty, -1)$. On démontre ainsi

THÉORÈME. — *Sous la condition*

$$\mathcal{R}(\xi) > \frac{1}{2}\left[\left|\log\left|\frac{b+1}{b-1}\right|\right| + \left|\log\left|\frac{b'+1}{b'-1}\right|\right|\right],$$

$$(4) \qquad \sum_{m-n-1=0}^{\infty} P_n^m(b)\,Q_n^{-m}(b')\,e^{-m\xi} = e^{2\pi i\,saz}\,Q_n(z) \text{ ou } Q_n(z),$$

suivant que la branche infinie d'hyperbole issue de z, qui ne traverse pas le segment focal $z_1 z_{-1}$, traverse, ou non, la coupure $(-\infty, -1)$, et pourvu que ω soit tel que $\left|\arg\sqrt{b^2-1} + \arg\sqrt{b'^2-1} + \omega\right| < \pi$. La convergence est uniforme par rapport à ζ dans tout domaine fermé vérifiant l'inégalité.

Pour $b = i\nu\,(\nu > 0)$, $b' = -i\nu'\,(\nu' > 0)$ et $\omega = 0$, (4) se réduit à une identité de Heine [1] (n entier) et Hobson (n quelconque).

---

[1] Cf. *Kugelfunctionen*, 1, p. 339, ou HOBSON, *The theory of spherical and ellipsoïdal Harmonics*, p. 384 (Cambridge, 1931); l'identité citée par Hobson est d'ailleurs légèrement erronée.

THÉORIE DES ESPACES ABSTRAITS. — *Sur la théorie des fonctions analytiques dans les espaces abstraits.* Note [1] de M. **A. E. Taylor**, présentée par M. Élie Cartan.

Dans cette Note j'esquisserai une théorie des fonctions analytiques dont les arguments et les valeurs se trouvent dans des espaces vectoriels normés complexes [2]. On a déjà considéré des généralisations de ce genre [3]. Un trait caractéristique de la théorie est qu'elle se fonde sur l'emploi des espaces complexes (c'est-à-dire qui admettent des nombres complexes pour multiplicateurs) et sur le fait que l'espace des valeurs des fonctions est complet. Grâce à cette circonstance, il y a un rapport intime avec les notions de différentielles énoncées par M. Gâteaux et M. Fréchet, rapport que j'indiquerai avec plus de précision dans ce qui suit.

1° Soient E, E′ deux espaces vectoriels normés complexes, E′ étant complet. *Nous disons que la fonction* $f(x)$, *faisant correspondre à un point de* E *un point de* E′, *est analytique dans un ensemble ouvert* D *de* E *quand elle est définie et continue en chaque point de* D, *et quand elle admet en chaque point une différentielle au sens de Gâteaux*

$$\delta f(x; y) = \left[\frac{\partial}{\partial \lambda} f(x + \lambda y)\right]_{\lambda=0},$$

où λ *est complexe.* Dans le cas où E est l'espace des nombres complexes, l'hypothèse que $f(x)$ est continue est inutile; nous pouvons, de plus, généraliser une grande partie de la théorie classique qui se fonde sur l'intégrale de Cauchy [4]. En appliquant ces résultats à la théorie abstraite générale, observant en même temps que si x est dans D, $f(x+\lambda y)$ est, pour y fixé dans E, fonction analytique de λ dans le voisinage de $\lambda = 0$, nous obtenons une suite de résultats culminant en la formule

$$f(x) = f(x_0) + \delta f(x_0; x - x_0) + \frac{1}{2!}\delta^2 f(x_0; x - x_0) + \ldots,$$

(1) Séance du 30 novembre 1936.

(2) S. Banach, *Fundamenta mathematicae*, 3, 1922, p. 133-181.

(3) R. Gateaux, *Bulletin de la Société mathématique de France*, 47, 1919, p. 70-96 et 50, 1922, p. 1-21. Voir aussi la définition de R.-S. Martin citée par A. D. Michal et A. H. Clifford, *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 735.

(4) Voir N. Wiener, *Fundamenta Mathematicae*, 4, 1923, p. 136-143.

où le terme général $\delta^n f(x_0; x - x_0)$ est la différentielle $n^{\text{ième}}$ de $f(x)$ au point x_0, avec l'incrément $x - x_0$. C'est un polynome homogène de degré n en $x - x_0$. *Cette série est absolument convergente dans tout domaine* $\| x - x_0 \| < \rho$ *qui ne contient que des points de* D, *et la série est uniformément convergente dans tout ensemble compact extrait du domaine* $\| x - x_0 \| \leq \theta\rho$ $(0 < \theta < 1)$. A l'aide de ce résultat nous pouvons démontrer que $f(x)$ possède des différentielles de Fréchet symétriques de tous ordres dans le voisinage de x_0.

Soit $\{u_n(x)\}$ une suite de fonctions analytiques dans un ensemble ouvert D. Si la série

$$u_1(x) + u_2(x) + \ldots$$

est uniformément convergente dans tout ensemble compact extrait d'un sous-ensemble fermé arbitraire de D, sa valeur est une fonction analytique dans D, et les différentielles peuvent s'obtenir au moyen des séries dérivées terme à terme. En particulier, si $u_n(x)$ est un polynome homogène de degré n, la série est dite série potentielle. *Donc toute fonction analytique dans le voisinage du point* x_0 *peut se représenter par une série potentielle en* $x - x_0$.

Une étude approfondie des points singuliers est impossible sans recours à des exemples. Néanmoins, la théorème de Riemann relatif aux points singuliers isolés dans le voisinage desquels la fonction est bornée reste valable. Les théorèmes de Weierstrass et Picard sur les singularités essentielles ne sont pas vrais en général, comme on le démontre par des exemples.

2° En partant d'un espace réel E(R) on construit un espace complexe E(C) ainsi qu'il suit : E(C) est formé des éléments $\{x, y\}$, où x, y appartiennent à E(R). Posons

$$\{x_1, y_1\} = \{x_2, y_2\} \quad \text{si} \quad x_1 = x_2 \quad \text{et} \quad y_1 = y_2,$$
$$\{x_1, y_1\} + \{x_2, y_2\} = \{x_1 + x_2, y_1 + y_2\},$$
$$(a + ib)\{x, y\} = \{ax - by, bx + ay\},$$
$$\| \{x, y\} \| = (\|x\|^2 + \|y\|^2)^{\frac{1}{2}}.$$

On voit que la condition nécessaire et suffisante pour que E(C) soit complet est que E(R) le soit aussi. Nous écrivons $z = \{x, y\} = x + iy$ par analogie avec les nombres complexes. Si maintenant E(R) et E′(R) sont des espaces réels, E′(R) étant complet, et si $f(z) = f_1(x, y) + if_2(x, y)$ est une fonction faisant correspondre à un point de E(C) un point de

$E'(C)$, on a la généralisation suivante des équations de Cauchy-Riemann :

Les conditions nécessaires et suffisantes pour que $f(z)$ soit analytique dans un ensemble ouvert D *de* E(C) *sont que les fonctions $f_1(x, y)$, $f_2(x, y)$ y soient continues, qu'elles possèdent des différentielles partielles premières de Gâteaux continues dans* D, *et que les équations*

$$\delta_x f_1(x, y; \xi) = \delta_y f_2(x, y; \xi),$$
$$\delta_y f_1(x, y; \xi) = -\delta_x f_2(x, y; \xi)$$

soient satisfaites dans D *pour* ξ *arbitraire dans* E(R).

Si $f(x)$ est une fonction faisant correspondre à un point de E(R) un point de $E'(R)$, on peut quelquefois étendre le domaine de définition de $f(x)$ de manière qu'il contienne des points de l'espace complexe associé E(C).

MÉCANIQUE PHYSIQUE. — *Sur la mesure de la résistance électrique moyenne et de la durée pendant le choc de deux corps métalliques.* Note de M. **Léon Rebuffé**, présentée par M. Henri Villat.

Le dispositif d'étude est voisin de celui utilisé par M. Moreau ([1]).

Le mobile de choc, de faible masse, est suspendu à un fil de cuivre fin et le pendule ainsi constitué, vient, au moment du choc sur une plaque métallique très massive et rigidement encastrée, fermer un circuit comprenant une source de courant continu (de f. e. m. E), un galvanomètre balistique (de constante A) et une résistance R.

La self du galvanomètre étant compensée par un condensateur shunté convenable, on observe la déviation (δ) du galvanomètre au moment du choc. Si ρ est la résistance moyenne du contact et τ le temps de choc, on a la relation

$$A\delta = \frac{E}{R + \rho}\tau. \tag{1}$$

Les mobiles de choc sont soit des sphères métalliques (billes de roulement en acier), soit des masses allongées, limitées par une calotte sphérique.

Les résultats sont les suivants :

I. Pour des chocs identiques (produits en différents points de la plaque homogène), δ est proportionnel à E, ce qui met en évidence *l'existence d'une résistance de choc bien déterminée.*

([1]) *Annales de Physique*, 9e série, 14, 1920, p. 306.

II. Pour obtenir les valeurs de ρ et de τ comme résultats moyens d'un grand nombre d'expériences, et avec le maximum de précision, on peut chercher à interpréter l'équation (1) en faisant apparaître une relation linéaire entre certaines variables. Posons $\alpha = \delta/E$; on déduit de (1), a étant une constante : $\alpha = a/\rho - R\alpha/\rho$.

Le graphique obtenu en prenant comme coordonnées α et $R\alpha$, et en faisant varier R est donc une droite, pour des chocs identiques.

C'est bien ce que montre l'expérience. La droite obtenue permet d'atteindre très aisément les valeurs de ρ et de τ : à 3 pour 100 près pour ρ et à 1 pour 100 près pour τ.

a. Résistance de contact. — Elle varie dans nos expériences, de 300 à 5000 chocs, selon le métal de la plaque et les carastéristiques du mobile de choc (masse m et rayon de courbure r). D'autre part, la résistance croît avec la vitesse de choc (v) suivant une loi non linéaire et s'annule avec elle.

Voici par exemple quelques valeurs de la résistance :

Métal essayé.	Acier à billes (Ω).		Plomb pur (Ω).			
Vitesse (en cm/sec).	22,5.	180.	50.	60.	180.	311.
x obtenu avec mobile allongé : $M = 50^g,6$; $r = 0^{cm},445$	825	1292	–	291	362	–
x obtenu avec bille : $M = 5^g,59$; $r = 0^{cm},555$	2340	3634	886	–	–	1230

La résistance moyenne de contact ayant une valeur notable, nous sommes amené à penser que le courant passe à travers une couche d'air très mince, retenue par viscosité, qui n'a pas eu le temps de s'échapper.

b. Temps de choc (τ). — J'ai obtenu les lois expérimentales suivantes :

1° Pour un métal de plaque *très dur*, τ est proportionnel à $(m^2/r)^{1/5}$ et à $(1/v)^{1/5}$.

Ces résultats ont été obtenus à 3 pour 100 près, à l'aide de 6 mobiles différents, m variant de $0^g,40$ à 95^g, r de $0^{cm},45$ à 3^{cm}, et v de 22 à 180 cm/sec.

Si l'on admet que le temps pendant lequel la couche d'air interposée entre le mobile et la plaque est conductrice, se confond pratiquement avec la durée de la déformation élastique des surfaces, ces résultats ne font que confirmer les formules de Hertz, relatives aux déformations élastiques de contact d'une sphère et d'un plan.

2° Pour tous les métaux et pour des mobiles de choc de même masse et

de même courbure (de la surface de choc), τ est indépendant de la forme du mobile.

Cette loi montre que l'influence, sur le temps τ, des ondes longitudinales qui se propagent dans le mobile de choc, est négligeable.

c. Produit $(\rho\tau)$. — Pour tous les métaux, le produit $(\rho\tau)$ garde une valeur sensiblement constante, avec une plaque et un mobile de choc donnés si l'on fait varier la vitesse de choc.

Cette valeur est indépendante du rayon de courbure du mobile de choc, et elle diminue un peu lorsque la masse de ce dernier augmente beaucoup. En définitive, on peut admettre en gros, que le produit $(\rho\tau)$ est une constante pour un métal donné.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Champ hydrodynamique autour d'une hélice marine tripale propulsive.* Note (1) de M. **Charles Chartier**, présentée par M. Henri Villat.

I. J'ai continué mes recherches chronophotogrammétriques (2) par l'étude quantitative des champs des vitesses relatifs à l'écroulement autour d'une hélice pour les différents modes de fonctionnement de cette dernière.

Les trajectoires sont visualisées au moyen de particules d'aluminium entraînées par le courant général; la lumière est interrompue à des intervalles de l'ordre du 1/400 sec. Les photographies stéréoscopiques sont dépouillées au stéréotopographe S. O. M. Poivillers sur des agrandissements dans le rapport

$$\gamma = \frac{1}{n}\frac{F}{f},$$

F, f, distances focales des objectifs des appareils de prise de vue et de restitution, n indice du milieu. Ce qui permet de corriger l'aplatissement dans le cas des photographies prises dans l'eau, et d'avoir ainsi les coordonnées en vraie grandeur.

II. *Champ des vitesses pour un recul donné* (0,35) (3). — La restitution

(1) Séance du 23 novembre 1936.

(2) *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 1642.

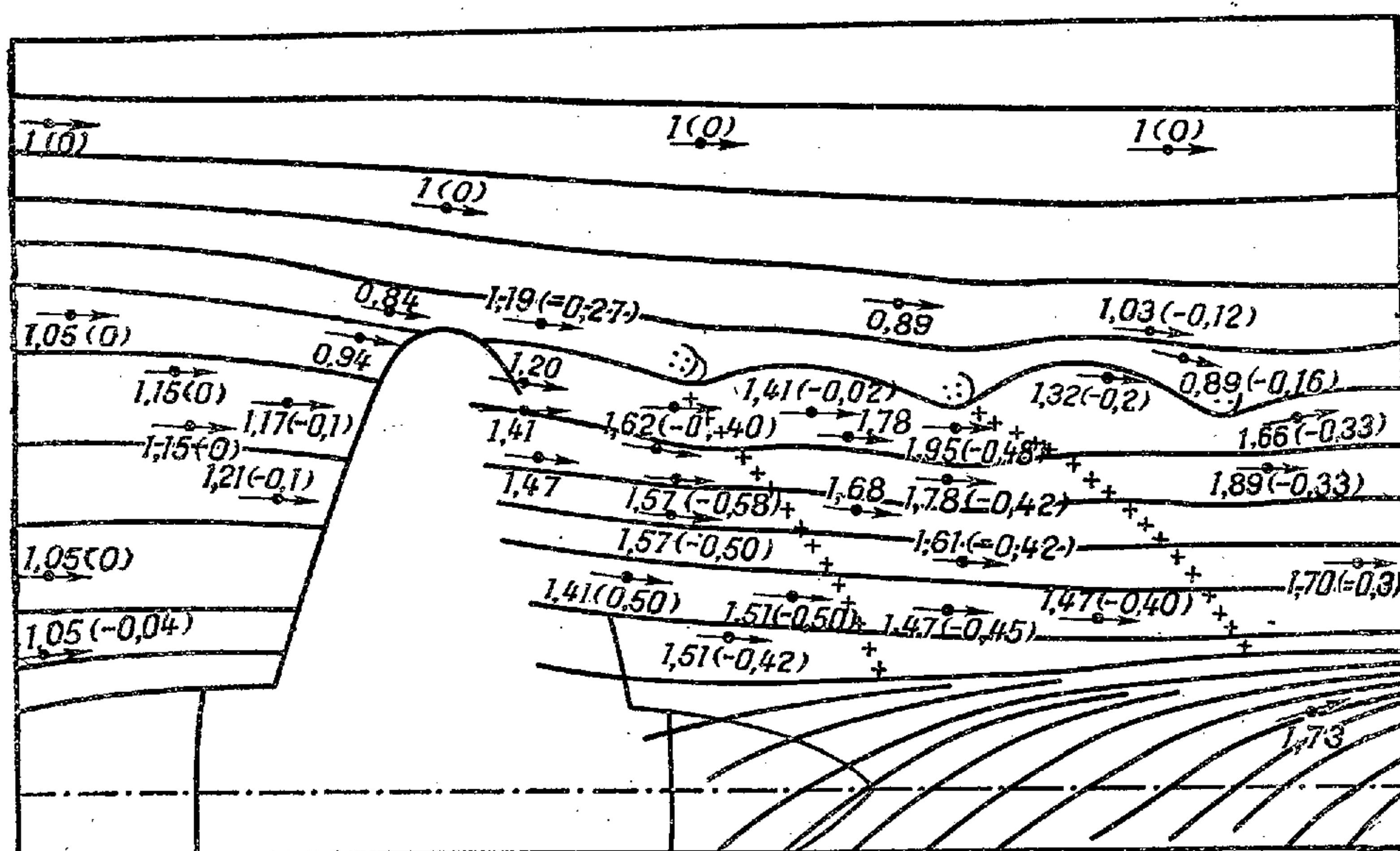
(3) Le recul $x = 1 - W/nh$ en appelant W la vitesse du courant général, n le nombre de tours par seconde de l'hélice, h son pas effectif.

est faite en projection cotée sur six plans par l'axe de l'hélice tripale et décalés respectivement de 20° en 20° de façon à avoir le champ général entre deux pales.

1° *Variation des vitesses dans un plan.* — La figure représente la restitution sur le plan diamétral passant par l'axe de la pale (phase 0°). Les vecteurs représentent en grandeur et direction les résultantes des vitesses radiales et de translation. Les cotes représentent les vitesses tangentielles.

A l'amont les lignes de courant sont sensiblement parallèles à l'axe, puis au voisinage de la pale s'inclinent vers l'axe et dans le sens de rotation de l'hélice. La vitesse tangentielle peut atteindre le 1/12 de la vitesse en projection. L'augmentation maximum de celle-ci se fait aux 2/3 du rayon de la pale et est de 20 pour 100.

A l'aval l'inclinaison des lignes de courant se produit dans le sens de



rotation de l'hélice. La vitesse tangentielle maximum à la sortie est le 1/5 de la vitesse correspondante dans le plan diamétral. L'augmentation maximum de celle-ci est de 47 pour 100 aux 2/3 du rayon de la pale. L'augmentation maximum de vitesse dans tout l'écoulement aval se trouve dans la partie resserrée par les tourbillons et au voisinage de ceux-ci (95 pour 100). Les lignes étoilées représentent les traces sur le plan diamétral des *surfaces de confluence* laissées par les pales. Ces surfaces de confluence constituent

pour l'hélice l'équivalent du *sillage* [1] des ailes d'avion, et les tourbillons d'extrémité de pales correspondent au tourbillon de bout d'aile. Ces surfaces de confluence sont hélicoïdales comme les tourbillons d'extrémité de pales, auxquels elles demeurent attachées dans l'écoulement, et leur déformation en chaque point est fonction de la vitesse en ce point. Des déformations successives des lignes étoilées, on peut donc déduire l'allure des courbes représentant les variations du rapport des vitesses W/W_∞.

2° *Variation des vitesses dans l'angle de* 120° *entre* 2 *pales sur les* 6 *plans.* — La variation des vitesses instantanées sur un cercle concentrique à l'axe de l'hélice, en amont et au voisinage de celle-ci, passe par un maximum entre les phases 20° et 40° et par un minimum au voisinage de la phase 80°. Même remarque à l'aval de l'hélice.

3° *Variation du champ des vitesses en fonction du recul de fonctionnement.* — A l'amont comme à l'aval l'augmentation des vitesses décroît en même temps que le recul de fonctionnement et tombe à zéro au recul nul. Ainsi les maxima des vitesses sur un même rayon à l'aval et au voisinage de la pale pour la phase 0° : 1,47 pour un recul de 35 pour 100, 1,21 pour un recul de 22 pour 100 (rendement maximum de l'hélice), 1,10 pour un recul de 11 pour 100. Les lignes de courant s'inclinent de moins en moins vers l'axe, et tournent de moins en moins jusqu'à représenter un écoulement cylindrique pour le recul nul. De même la section perturbée par les tourbillons et la courbure des lignes de courant autour de ceux-ci diminuent pour être négligeables dès le recul de 22 pour 100 au rendement maximum.

DYNAMIQUE DES FLUIDES. — *De l'influence de la pression sur la résistance au mouvement des obstacles dans l'air.* Note de M. **Jean Luneau**, présentée par M. Henri Villat.

Nous nous sommes proposé de vérifier avec quelle approximation, la résistance opposée par l'air au mouvement des obstacles était, comme on l'admet habituellement pour les nombres de Reynolds assez élevés, proportionnelle à la densité et, par suite, à la pression du fluide.

Nos expériences ont lieu dans un grand réservoir parfaitement étanche

[1] Je n'ai pas cru devoir employer ce dernier terme en raison du sens qui lui est attribué en Hydrodynamique marine.

dans lequel on peut réaliser un vide partiel ou, au contraire, comprimer de l'air. La mesure des pressions se fait au moyen de différents dispositifs manométriques à colonnes de mercure, les lectures étant effectuées au cathétomètre. Les obstacles (plaques planes et cylindres circulaires), sont fixés à un pendule de torsion dont on observe l'amortissement par la méthode optique de Poggendorf, grâce à une fenêtre de verre épais ménagée dans la paroi du récipient. Il est ainsi possible de déterminer la valeur de l'énergie employée à vaincre la résistance au mouvement au cours d'une oscillation, et, d'en déduire la valeur de cette résistance.

Les résultats que nous avons obtenus sont résumés dans le Tableau suivant. Ces résultats correspondent à des valeurs du nombre de Reynolds (N) assez élevées. Pour les valeurs de N, considérées ($50 < N < 15000$), le mouvement du fluide autour des obstacles est tourbillonnaire dans tous les cas. Pour arriver à définir expérimentalement d'une façon sûre ce nombre N, nous faisons osciller les obstacles (plans et cylindres de grands allongements) entre deux parois parallèles, avec le minimum de jeu, réalisant ainsi les conditions de l'allongement infini. Afin de traduire nos résultats d'une façon claire, nous avons cherché, pour chaque expérience, la valeur du rapport

$$a = \frac{R}{p} : \frac{R_0}{p_0}$$

(R, résistance; p, pression; R_0, résistance à la pression atmosphérique p_0).
Les pressions sont exprimées en atmosphères.

Amplitudes du mouvement.	Pressions.							
	4.	3.	2.	1.	1/2.	1/5e.	1/10e.	1/20e.
55 cm	1,02	1,01	1,01	1	1,00	0,98	0,96	0,96
45........	1,02	1,01	1,01	1	1,00	0,97	0,96	0,96
30........	1,02	1,01	1,01	1	0,99	0,97	0,96	0,97
20........	1,02	1,02	1,01	1	0,99	0,97	0,96	0,97
15........	1,02	1,02	1,00	1	0,99	0,07	0,97	0,98
10........	1,015	1,01	1,00	1	0,99	0,98	0,99	1,00
5........	1,01	1,01	1,00	1	1,00	0,99	1,01	1,04

Valeurs du rapport $a = R/p : R_0/p_0$ *en fonction de la pression.* — Ces résultats montrent que, dans les conditions signalées, ($50 < N < 15000$) la résistance est très sensiblement proportionnelle à la pression. Alors que la pression varie dans le rapport de 1 à 80, le coefficient a varie seulement de 4 à 5 pour 100. Mais on observe cependant, et particulièrement aux

grandes amplitudes, que ces écarts sont systématiques et se manifestent toujours dans le même sens; ils indiquent, pour les valeurs moyennes du nombre de Reynolds N un léger accroissement de la résistance (coefficient a) quand la pression augmente.

Si l'on compare alors ces variations à celles présentées par la loi de compressibilité réelle de l'air par rapport à la loi de Mariotte, on constate que les écarts sur la valeur de a sont de même sens et de même grandeur que ceux relevés sur la valeur du rapport ρ/p ($\rho =$ masse spécifique; $p =$ pression) dans l'intervalle considéré de pression. On peut déduire de cette comparaison que :

Pour les nombres de Reynolds assez élevés, la loi de proportionnalité entre la résistance au mouvement et la densité du fluide est vérifiée avec une approximation égale à la précision des expériences (1 *pour* 100), *à la condition de tenir compte, dans le calcul de la densité, des écarts entre la loi de compression isotherme réelle de l'air et la loi de Mariotte.*

Ce résultat est d'autant plus remarquable, qu'il s'agit dans ces expériences, d'un mouvement complexe, faisant intervenir, en plus de la résistance ordinaire au mouvement uniforme, les forces d'inertie qui s'exercent sur le sillage. On peut conclure de là, que le sillage est très peu modifié par les variations de pression, ce qui paraît assez naturel quand on se souvient que la viscosité du fluide est pratiquement indépendante de la pression.

Remarque. — Pour les plus faibles amplitudes, on note un léger accroissement du rapport a aux basses pressions. Nous atteignons alors des valeurs du nombre de Reynolds déjà faibles ($N < 100$), et le régime d'écoulement du fluide tend à devenir laminaire. C'est cette évolution du régime qui entraîne un accroissement du coefficient a.

RELATIVITÉ. — *La définition de la distance dans la théorie de la relativité.* Note de M. **J. Le Roux**.

D'après Poincaré, la définition des longueurs n'est pas la même en géométrie et dans la théorie de la relativité. Il s'exprime ainsi : « Dans cette théorie, deux longueurs égales sont, par définition, deux longueurs que la lumière met le même temps à parcourir. Peut-être suffirait-il de renoncer à cette définition pour que la théorie de Lorentz fût aussi complètement

bouleversée que l'a été le système de Ptolémée par l'intervention de Copernic (¹). »

La théorie des groupes met en évidence les résultats signalés par Poincaré.

L'expression analytique de la distance euclidienne est un invariant d'un groupe spécial que l'on appelle le groupe euclidien. La forme canonique de ce groupe est constituée par l'ensemble des formules de transformations des coordonnées cartésiennes rectangulaires.

La distance relativiste se déduit du groupe de Lorentz.

La répartition des vitesses de propagation de la lumière est définie par la considération d'une onde représentée par une équation homogène du second degré à quatre variables $\xi^2 + \eta^2 + \zeta^2 - \theta^2 = 0$. Le premier membre de cette équation reste invariant par le groupe de Lorentz. On considère θ comme le temps, et l'on admet que l'expression $\xi^2 + \eta^2 + \zeta^2$ représente le carré de la distance du point ξ, η, ζ à l'origine des coordonnées considérées. On déduit de là que la vitesse de propagation reste la même dans toutes les directions, malgré la mobilité du système de référence.

Pour avoir la distance euclidienne correspondante, il faut d'abord introduire des coordonnées transformables par le groupe euclidien. On pourrait supposer, par exemple, qu'on exprime les coordonnées ξ, η, ζ, θ, du système lorentzien, en fonction d'un système de coordonnées cartériennes rectangulaires (x, y, z) et d'une quatrième variable t, non transformée par le groupe.

L'invariant du groupe de Lorentz, $\xi^2 + \eta^2 + \zeta^2 - \theta^2$, sera alors remplacé par une forme quadratique $f(x, y, z, t)$. Les coordonnées lorentziennes se trouvent immédiatement exprimées en fonction des nouvelles variables. Il suffit en effet de décomposer en carrés la forme quadratique $f(x, y, z, t)$.

Soit

$$f(x, y, z, t) \equiv X^2 + Y^2 + Z^2 - T^2.$$

On posera ensuite

$$\xi = X, \qquad \eta = Y, \qquad \zeta = Z, \qquad \theta = T.$$

Chaque décomposition en carrés donne une solution, et toutes les solutions sont liées entre elles par le groupe de Lorentz.

Mais nous faisons en même temps une observation de la plus haute

(¹) *Mémoire sur la Dynamique de l'Électron-Introduction* (*Rendiconti del Circolo Matematico di Palermo*, **21**, 1906, p. 10).

importance. La forme quadratique $f(x, y, z, t)$ peut être prise arbitrairement, sous la réserve que la décomposition en carrés en soit du même type, au point de vue des signes.

Il en résulte que, si l'on connaît seulement l'équation en coordonnées lorentziennes, $\xi^2 + \eta^2 + \zeta^2 - \theta^2 = 0$, on peut en déduire qu'il correspond à cette équation une onde du genre ellipsoïdal; mais à défaut d'autres renseignements, il est impossible de distinguer les propriétés métriques de cet ellipsoïde, et notamment de dire s'il est ou non sphérique.

C'est en considérant toutes ces ondes comme sphériques que l'on aboutit à la définition signalée par Poincaré. On en déduit le principe de la constance de la vitesse de la lumière.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Le modèle électronique de la Mécanique ondulatoire de Dirac.* Note [1] de MM. **Th. De Donder** et **J. Géhéniau**, présentée par M. Louis de Broglie.

1. *Le modèle électronique.* — Considérons une particule de masse m_0 et de charge e plongée dans un champ *gravifique*, défini par les dix potentiels einsteiniens $g_{\alpha\beta}$, un champ *électromagnétique*, défini par les quatre potentiels maxwelliens Φ_α et un champ *ondulatoire*, défini par les seize potentiels ondulatoires A'_α, A''_α, B'_α, B''_α $(\alpha, \beta = 1, \ldots, 4)$. Toutes ces fonctions sont *réelles* et dépendent des variables spatio-temporelles x^α.

Nous admettrons que *la dynamique relativiste de cette particule est donnée par le principe variationnel*

$$(1) \qquad \delta \int \mathrm{L}\, ds = 0,$$

où

$$(2) \qquad \mathrm{L} \equiv \left[\frac{1}{2} \mathrm{W}^2 \sqrt{m_0^2 c^2 + \mathrm{N}} + \left(\frac{e}{c} \Phi_\alpha + \mathrm{F}_\alpha \right) u^\alpha + \frac{1}{2} \frac{\mathrm{N}}{\sqrt{m_0^2 c^2 + \mathrm{N}}} \right] ds$$

avec

$$\mathrm{W}^2 \equiv g_{\alpha\beta}\, u^\alpha u^\beta = 1 \qquad \text{et} \qquad u^\alpha = dx^\alpha / ds.$$

On a posé, en outre,

$$(3) \quad \mathrm{F}_\alpha \equiv \frac{1}{2} \frac{h}{2\pi} i (\overline{\mathrm{A}}^\beta \mathrm{A}_{\beta.\alpha} - \overline{\mathrm{B}}^\beta \mathrm{B}_{\beta.\alpha} - \text{conj.}) / \mathrm{D},$$

$$(4) \quad \mathrm{N} \equiv \left[\frac{1}{2} \frac{h^2}{4\pi^2} (\overline{\mathrm{A}}^\alpha \square \mathrm{A}_\alpha - \overline{\mathrm{B}}^\alpha \square \mathrm{B}_\alpha + \text{conj.}) + \mathrm{H}^{\alpha\beta} \mathrm{R}_{\alpha\beta} + \mathrm{G}^{\alpha\beta} \mathrm{S}_{\alpha\beta} + \mathrm{F}_\alpha \mathrm{F}^\alpha \right] \Big/ \mathrm{D}$$

(1) Séance du 30 novembre 1936.

avec

$$A_\alpha \equiv A'_\alpha + i A''_\alpha, \qquad B_\alpha \equiv B'_\alpha + i B''_\alpha, \qquad H_{\alpha\beta} \equiv \Phi_{\alpha.\beta} - \Phi_{\beta.\alpha}.$$

Les symboles surlignés sont les conjugués de ces symboles. Enfin

$$D \equiv \overline{A}^\alpha A_\alpha - \overline{B}^\alpha B_\alpha, \tag{5}$$

$$R_{\alpha\beta} \equiv \frac{1}{2}\,\frac{h}{2\pi}\, i\left[\overline{A}_\alpha A_\beta - \overline{B}_\alpha B_\beta - \sqrt{-g}\left(\overline{A}^\gamma B^\delta + \overline{B}^\gamma \overline{A}^\delta\right) - \text{conj.}\right], \tag{6}$$

$$S_{\alpha\beta} \equiv \frac{1}{2}\,\frac{h^2}{4\pi^2}\left(\overline{A}_\alpha A_\beta - \overline{B}_\alpha B_\beta + \text{conj.}\right). \tag{7}$$

Dans (6), $\alpha\beta\gamma\delta$ désigne une permutation paire des nombres 1, ..., 4.

Rappelons que $G_{\alpha\beta}$ est le tenseur de Riemann et que $\Box A_\alpha \equiv g^{\beta\gamma} A_{\alpha.\beta\gamma}$ où *le point* désigne une dérivée covariante.

On voit que, si l'on ne conserve que le champ gravifique $g_{\alpha\beta}$, on retrouve la dynamique relativiste de la particule massique m_0 (principe d'Einstein); si l'on ne conserve que le champ gravifique $g_{\alpha\beta}$ et le champ électromagnétique Φ_α on retrouve la dynamique relativiste de la particule massique électrisée (¹).

2. *L'équation de Jacobi.* — Aux équations différentielles des extrémales de (1) correspond l'*équation de Jacobi*

$$g^{\alpha\beta}\left(\frac{\partial S}{\partial x^\alpha} - \frac{e}{c}\Phi_\alpha - F_\alpha\right)\left(\frac{\partial S}{\partial x^\beta} - \frac{e}{c}\Phi_\beta - F_\beta\right) - m_0^2 c^2 - N = 0, \tag{8}$$

où $S \equiv S(x^1, \ldots, x^4)$ est la fonction auxiliaire (réelle) de Jacobi.

3. *Les équations de la Mécanique ondulatoire de Dirac généralisée.* — Introduisons les *fonctions d'onde*

$$P_\alpha \equiv A_\alpha e^{\frac{2i\pi}{h}S}, \qquad Q_\alpha \equiv B_\alpha e^{\frac{2i\pi}{h}S}. \tag{9}$$

Cherchons maintenant les équations aux dérivées partielles *du second ordre* auxquelles satisfont les seize fonctions d'onde (9). Dans ce but, substituons dans (8) les A_α, B_α par leurs valeurs tirées de (9), en fonction des P_α, Q_α et S. L'équation (8) devient

$$M \equiv \overline{P}_\alpha E^\alpha - \overline{Q}_\alpha H^\alpha + P_\alpha \overline{E}^\alpha - Q_\alpha \overline{H}^\alpha = 0 \tag{10}$$

avec

$$E^\alpha \equiv g^{\beta\gamma} d_\beta\, d_\gamma P^\alpha + G^\alpha_\beta P^\beta + \left(\frac{2\pi m_0 c}{h}\right)^2 P^\alpha + \frac{2i\pi e}{hc}\left(H^{\alpha\beta} P_\beta - \frac{1}{\sqrt{-g}} H_{\overline{\alpha\beta}} Q_\beta\right), \tag{11}$$

$$H^\alpha \equiv g^{\beta\gamma} d_\beta\, d_\gamma Q^\alpha + G^\alpha_\beta Q^\beta + \left(\frac{2\pi m_0 c}{h}\right)^2 Q^\alpha + \frac{2i\pi e}{hc}\left(H^{\alpha\beta} Q_\beta - \frac{1}{\sqrt{-g}} H_{\overline{\alpha\beta}} P_\beta\right), \tag{12}$$

(¹) TH. DE DONDER, *La Gravitation einsteinienne*, Paris, 1921, éq. (357).

où $\alpha\beta\overline{\alpha\beta}$ désigne une permutation paire des nombres 1, ..., 4 et $d_\beta \equiv (\ )_{.\beta} - (2i\pi e)/hc.\Phi_\beta$. Remarquons que, grâce à (3) et (4), l'équation (10) ne renferme plus la fonction S de Jacobi. *Grâce au principe variationnel*

$$\delta \int\int\int\int \mathrm{M}\sqrt{-g}\,dx^1 \ldots dx^4 = 0, \tag{13}$$

nous obtenons les 16 équations fondamentales de la Mécanique ondulatoire de Dirac généralisée par J. M. Whittaker :

$$\mathrm{E}^\alpha = 0, \qquad \mathrm{H}^\alpha = 0, \qquad \overline{\mathrm{E}}^\alpha = 0, \qquad \overline{\mathrm{H}}^\alpha = 0. \tag{14}$$

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Mécanique quantique relativiste de l'électron.* Note de M. **Assène Datzeff**, présentée par M. Louis de Broglie.

On peut trouver la forme opératorielle de la théorie quantique relativiste en y transportant de façon formelle les résultats de la mécanique relativiste classique de même qu'on effectue le passage de la mécanique analytique à la mécanique quantique non relativiste.

En dynamique classique de la relativité, on a la relation

$$\sum_{k=1}^{3} p_k^2 + \mathrm{H}^2 = m_0^2 c^2, \tag{1}$$

où p_k sont les moments conjugués des coordonnées x_k, et $\mathrm{H} = i/c\,\mathcal{H}$, $\mathcal{H}$ étant l'énergie. Dans le cas de champ extérieur donné par les potentiels φ et A_k, il faut ajouter $e/c\,\mathrm{A}_k$ à p_k, et $ie\varphi/c$ à H.

Les équations de mouvement du point matériel peuvent être représentées sous forme canonique

$$\frac{dx_k}{dx_4} = -\frac{\partial \mathrm{H}}{\partial p_k}, \qquad \frac{dp_k}{dx_4} = \frac{\partial \mathrm{H}}{\partial x_k} \qquad (k = 1, 2, 3, x_4 = ict). \tag{2}$$

Ces équations permettent de donner à la dérivée de chaque grandeur $\xi(p_k, x_k, x_4)$ par rapport à x_4 la forme

$$\frac{d\xi}{dx_4} = \frac{\partial \xi}{\partial x_4} - [\xi, \mathrm{H}], \tag{3}$$

le *crochet* de Poisson de deux grandeurs ξ, η étant défini comme en mécanique classique

$$[\xi, \eta] = \sum_{k=1}^{3}\left(\frac{\partial \xi}{\partial x_k}\frac{\partial \eta}{\partial p_k} - \frac{\partial \xi}{\partial p_k}\frac{\partial \eta}{\partial x_k}\right). \tag{4}$$

Il est facile de vérifier que, pendant une rotation spatiale des axes de coordonnées, x_1, x_2, x_3 se transforment comme les composantes d'un tenseur. $\left(\text{Si } x'_k = \sum_{l=1}^{4} a_k^l x_l,\ p'_k = \sum_{l=1}^{4} a_k^l p_l,\ [\xi'_k, \eta'_l] = \sum_{2,s=1}^{4} a_k^r a_l^s [\xi_r, \eta_s]. \right)$ D'autre part ces crochets possèdent toutes les propriétés des crochets de la mécanique analytique.

Pour trouver l'expression correspondante de la dérivée $d\xi/dx_4$ d'une grandeur en mécanique quantique relativiste, il faut regarder x_k et p_k comme opérateurs. L'opérateur $[\xi, \eta]$ doit posséder toutes les propriétés des crochets classiques, ce qui conduit, comme l'a montré Dirac, à donner la forme suivante à ces opérateurs,

$$[\xi, \eta] = \frac{2\pi i}{h}(\xi\eta - \eta\xi),$$

qui possèdent aussi le caractère tensoriel. De cette manière *nous postulerons la dérivée d'un opérateur* ξ *par rapport à* x_4,

$$(5) \qquad \frac{d\xi}{dx_4} = \frac{\partial\xi}{\partial x_4} - [\xi, H].$$

Les équations canoniques peuvent aussi être exprimées à l'aide des crochets, mais ni ces équations ni la formule (3) ne sont des invariantes relativistes, et l'on ne peut en tirer aucune conclusion sur la forme de l'opérateur H en fonction des opérateurs p_k, comme l'exige (1). Il faut pour cela considérer une autre relation pour H. Par analogie nous pouvons exiger que l'opérateur p_4 correspondant au temps ait la forme

$$p_4 = -\frac{h}{2\pi i}\frac{\partial}{\partial x_4}.$$

Il est évident que les quatre opérateurs p_k dans l'espace de Minkovsky sont des composantes d'un quadrivecteur. D'autre part en relativité classique — H est le moment correspondant au temps, de sorte qu'on peut écrire

$$(6) \qquad p_4 = -H.$$

Cette équation doit exister en chaque système galiléen, et elle impose la forme de H. Puisque la partie gauche est linéaire par rapport à p_4, *il est nécessaire que* H *soit une fonction linéaire de* p_1, p_2, p_3, pour que cette équation soit un invariant relativiste. D'après (1) on peut écrire

$$(7) \qquad \alpha_1 p_1 + \alpha_2 p_3 + \alpha_3 p_3 + \alpha_4 H = m_0 c.$$

En remplaçant dans (1) on voit que les nombres α_i doivent satisfaire aux relations

$$(8) \qquad \alpha_i^2 = 1, \qquad \alpha_i\alpha_j + \alpha_j\alpha_i = 0 \qquad (i \neq j) \qquad (i, j = 1, 2, 3, 4).$$

Si l'on admet les deux postulats (5) et (7), on peut retrouver les résultats de la mécanique ondulatoire relativiste.

Pour une transformation générale de Lorentz les p_k se transforment d'après les formules $p_k = \sum_{l=1}^{4} a_l^k p'_l$. Après avoir multiplié (6) par α_4, remplaçons dans cette équation $\alpha_4 H$ par sa valeur tirée de (7), puis effectuons la transformation de Lorentz pour les p_k. On voit que (6) sera invariante, si les α_k se transforment suivant les formules $\alpha'_k = \sum_{l=1}^{4} a_l^k \alpha_l$. Les mêmes formules pour les α_i dérivent de (8) qui doit s'écrire, pour deux systèmes différents,

$$(9) \qquad \sum_{k=1}^{4} \alpha_k p_k = \sum_{k=1}^{4} \alpha'_k p'_k = m_0 c.$$

L'équation (5) montre qu'en l'absence de champ extérieur les p_k sont des intégrales premières et $\dot{x}_k = dx_k/dt = ic\alpha_4\alpha_k$. Les opérateurs *composantes* du moment de quantité de mouvement M_1, M_2, M_3 ne le sont pas ($M_1 = x_2p_3 - x_3p_2, \ldots$), mais les $M_1 + S_1, \ldots$ le sont,

$$\left(S_1 = \frac{h}{4\pi i}\alpha_2\alpha_3, \ \ldots\right),$$

S est le moment de rotation propre (spin).

OPTIQUE APPLIQUÉE. — *Procédé pratique d'augmentation de la distance frontale des objectifs de microscopes.* Note de M. **Georges Deflandre**, présentée par M. Charles Fabry.

Les caractéristiques actuelles des objectifs de microscopes, des objectifs à immersion homogène en particulier, entraînent, par suite même des qualités que l'on exige de ces objectifs, une forte diminution de la distance frontale. Celle-ci, qui descend parfois au dessous de 50^μ, restreint les possibilités pratiques d'emploi de ces objectifs : les plus puissants d'entre eux ne peuvent même plus être utilisés que dans des conditions très limitées.

Dans le travail micrographique courant, comme aussi dans la recherche pure, il arrive très souvent qu'on soit gêné par la petitesse de la distance frontale, l'objectif heurtant la préparation avant que l'objet soit mis au point. Toute une série d'opérations sont alors nécessaires pour passer, momentanément, à l'examen avec un objectif à sec, immédiatement beaucoup plus faible. Le grossissement, souvent devenu trop insuffisant, doit être compensé par l'emploi d'oculaires très forts qui nuisent alors à la qualité de l'image. Le remède consisterait à provoquer la construction d'objectifs à immersion à grande distance frontale, mais à ouverture numérique réduite, ces deux facteurs ne pouvant varier qu'inversement : on pourrait passer ainsi, par le seul jeu du revolver, d'un objectif à immersion à l'autre, suivant la nature et les dimensions de l'objet étudié et suivant l'épaisseur de la préparation. L'objectif serait ainsi parfaitement approprié à un certain genre de recherches. Des objectifs spéciaux existent déjà, dont les caractéristiques sont différentes de celles des objectifs ordinaires : objectifs à immersion à eau pour le plancton, objectifs pour l'ultramicroscopie, objectifs pour l'examen en lumière réfléchie. Toutefois, dans le cas présent, outre que cette solution serait coûteuse, elle aurait l'inconvénient de nécessiter, logiquement, le doublage de toute la série des objectifs à immersion, voire même des forts objectifs à sec, ce qui serait peu pratique.

Le procédé que nous proposons peut s'appliquer à un objectif quelconque et, de plus, il permet, sans grands frais, de faire varier la distance frontale dans les limites seulement nécessaires et d'éviter une perte inutile dans l'ouverture numérique. Il consiste à intercaler, immédiatement au-dessus de l'objectif, une lentille divergente achromatique de foyer approprié. La distance frontale de l'objectif est augmentée, ainsi que le grossissement propre du système, et cela d'autant plus que le foyer de la lentille divergente est plus court.

Dans le cas d'une lentille divergente additionnelle d'un foyer de 50^{mm}, que nous avons successivement appliquée à deux objectifs à immersion, l'un de $3^{mm},45$, l'autre de 2^{mm} de foyer, les mesures faites montrent que l'allongement de la distance frontale est de l'ordre d'un tiers de sa valeur primitive, et l'augmentation du grossissement final est un peu supérieure aux deux tiers du grossissement initial. Cette augmentation du grossissement, théoriquement nuisible, peut être corrigée par l'emploi d'un oculaire plus faible, facile à substituer immédiatement. Le pouvoir résolvant est évidemment diminué, par suite de l'abaissement de l'ouverture numérique, et le procédé est à déconseiller dans le cas, d'ailleurs bien spécial, où l'objet demande un maximum de résolution. Mais, dans les circonstances cou-

rantes, la qualité des images reste très suffisante et est même peu affectée si l'on prend soin d'égaliser, par le jeu du diaphragme du condensateur, l'ouverture du cône éclairant et la nouvelle ouverture de l'objectif.

Une lentille divergente calculée et construite pour un objectif donné, fournira évidemment les meilleurs résultats, mais les essais que nous avons faits montrent que l'emploi d'une bonne lentille achromatique est déjà susceptible de rendre de très grands services.

Avec les statifs modernes, à tubes mono- et binoculaire interchangeables, la lentille sera simplement posée sous la base du tube, immédiatement au-dessus du revolver. Dans les statifs ordinaires, on pourra la placer soit à la partie supérieure de la monture de l'objectif, soit à la partie inférieure du tube à glissière porte oculaire, là où se glisse souvent le nicol analyseur des appareils de polarisation amovibles.

Outre le cas classique d'une préparation couverte d'une lamelle trop épaisse, le dispositif préconisé est, d'une manière générale, appelé à rendre des services dans tous les examens *in toto* d'objets inclus dans un milieu transparent, naturel ou artificiel, liquide ou solide. Il nous a été particulièrement précieux dans l'étude des microfossiles des silex, là même où l'emploi d'objectifs à sec n'était pas possible, et il est sûrement susceptible d'application dans des cas similaires, tels que l'étude des insectes de l'ambre.

SPECTROSCOPIE. — *Spectre d'absorption des alcools saturés acycliques dans le très proche infrarouge* (6000-9500 Å). *Étude de la bande* (OH). Note de M. **Pierre Barchewitz**, présentée par M. Aimé Cotton.

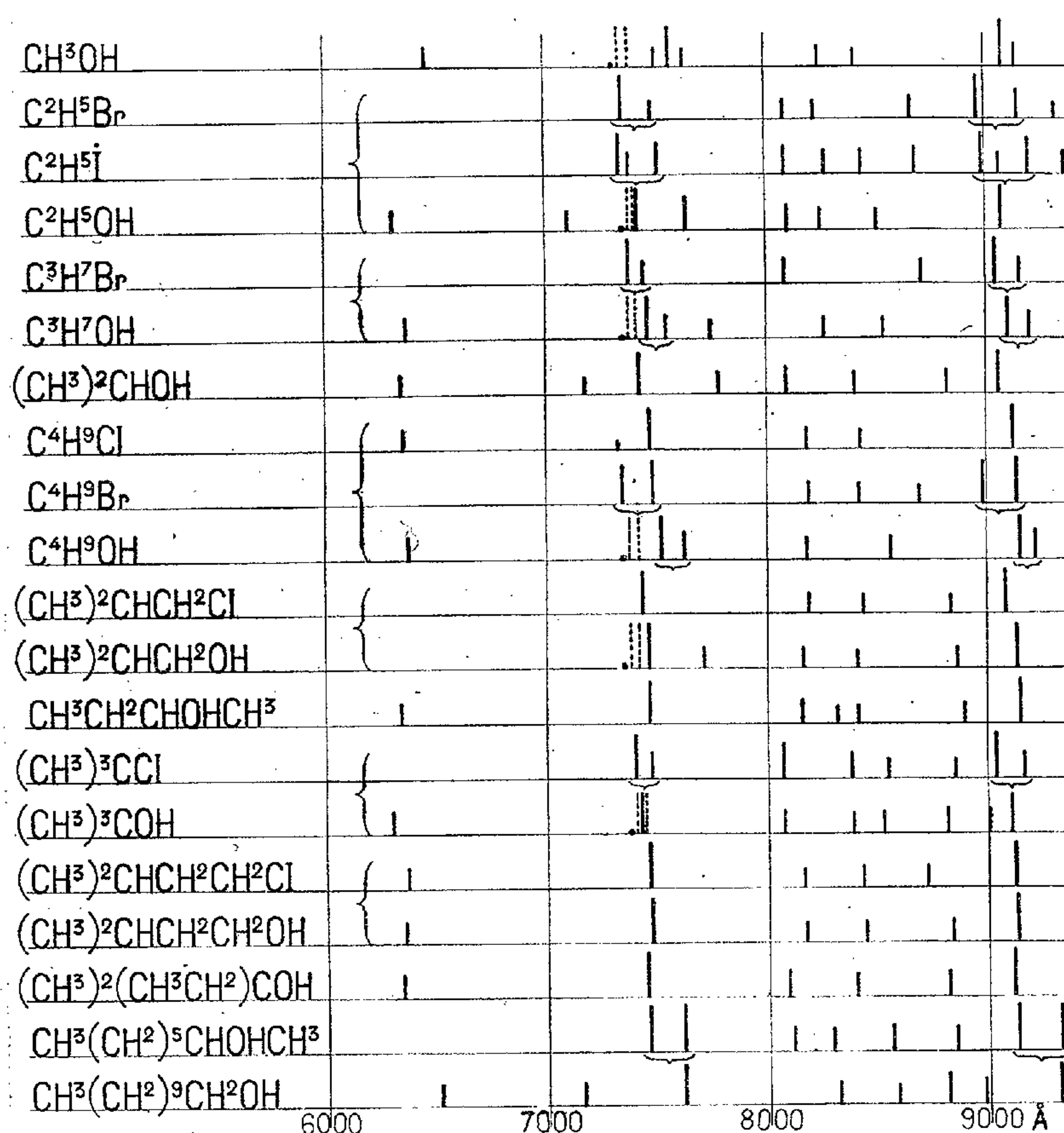
Nous avons été conduit à étudier parallèlement l'absorption des dérivés monohalogénés des carbures saturés et des alcools correspondants afin de déterminer la bande due à l'oscillateur (OH) en comparant leurs spectres. Le Tableau I indique les positions des bandes les mieux définies des dérivés halogénés et des alcools; la hauteur des traits donne une idée de l'intensité des bandes d'absorption.

(Les traits pointillés indiquent les positions des bandes (OH) à la température ordinaire, les traits pointillés précédés d'un point indiquent les positions de ces mêmes bandes à la température critique).

I. *Les bandes* (CH) *des alcools et des dérivés halogénés.* — Nous obtenons sur nos enregistrements les troisième, quatrième et cinquième harmoniques de la bande fondamentale de $3^{\mu},4$.

Les bandes d'absorption des composés à chaîne droite sont généralement doubles, la composante de plus petite longueur d'onde étant la plus intense jusqu'aux termes en C^6.

TABLEAU I.



Les bandes des composés à chaîne ramifiée paraissent simples et déplacées vers les grandes longueurs d'onde par rapport à la composante de plus courte longueur d'onde des composés à chaîne normale.

L'intensité de chaque composante est d'ailleurs fonction de la longueur de la chaîne carbonée. Quand on monte dans la série homologue, la composante située vers les courtes longueurs d'onde s'affaiblit, l'autre composante au contraire devient plus intense. Ces faits sont à rapprocher de ceux signalés par Brackett ([1]) pour la bande de $1^{\mu},2$ des carbures saturés.

([1]) *Proc. N. A. S.*, **14**, 1928, p. 857-864.

II. *La bande* (OH) *des alcools*. — Cette bande (OH) n'est pas observable à la température ordinaire. R. Freymann [1] avait montré que la bande (OH) à 9631 Å était très faible; l'absence de cette bande dans la région spectrale étudiée à la température ambiante ne nous a pas paru anormale. Pour déterminer sa position nous avons étudié les spectres des alcools à haute température sous une épaisseur de 5^{cm}.

Le Tableau II indique la position de la bande (OH) de quelques alcools à la température critique *tc* et à la température ordinaire *t* (cette dernière position a été calculée graphiquement).

TABLEAU II.

Nom de l'alcool.	λ(Å) à t°.	λ(Å) à *tc*.	*tc*.
Alcool méthylique	7383	7342	240
Alcool éthylique	7413	7382	243
Alcool propylique *n*..........	7419	7384	263
Alcool butylique *n*...........	7420	7385	287
Alcool isopropylique	7418	7382	234
Alcool butylique tertiaire	7436	7412	234

On voit que la bande se déplace à la température ordinaire vers les grandes longueurs d'onde quand on passe de l'alcool méthylique à l'alcool éthylique pour garder ensuite une position fixe quand on monte dans la série homologue. Cette bande se déplace vers les grandes longueurs d'onde quand on passe de l'alcool primaire à l'alcool secondaire ou tertiaire.

L'augmentation de température produit un déplacement de la bande vers les courtes longueurs d'onde, ce déplacement étant très grand au voisinage du point critique.

Nous avons classé les bandes (OH) par la formule de Kratzer

$$\nu = n\nu_0(1 - nx) \qquad (1)$$

(n étant le numéro de l'harmonique plus un, et x un terme correctif).

Les fréquences et les longueurs d'onde de la bande fondamentale et des trois premières harmoniques sont égaux à

	fondam.	1er harm.	2e harm.	3e harm.
ν cm^{-1}.....................	3356	7090	10383	13477
λ (μ).....................	2,98	1,41	0,9621	0,7420

[1] *Ann. de Physique*, **10**, 1933, p. 243.

Les trois harmoniques peuvent être calculés par la formule (1), mais le calcul donne pour la bande fondamentale une longueur d'onde de $2^{\mu},8$ environ au lieu de 3^{μ}, nous faisons donc des réserves sur la longueur d'onde de $2^{\mu},8$ calculée, différents auteurs étant d'accord pour attribuer à la bande (OH) une longueur d'onde fondamentale de 3^{μ} environ.

RADIATIONS. — *Sur quelques phénomènes de luminescence relatifs à la production d'une lumière sensiblement blanche.* Note de M. **Marcel Servigne**, présentée par M. Georges Urbain.

Il a été signalé [1] quelques phénomènes de photo-luminescence obtenus par excitation directe de substances solides minérales, à l'intérieur d'une ampoule à gaz fonctionnant en ampoule de Geissler.

Le dispositif adopté dans ces expériences est celui des tubes luminescents à décharge électrique déjà utilisés dans la technique de l'éclairage moderne [2].

Ces tubes présentent, pour l'étude théorique de la luminescence des matières minérales, quelques avantages sur le dispositif ordinairement utilisé au laboratoire : en premier lieu, l'absence totale d'écran absorbant entre la substance étudiée et l'atmosphère gazeuse émettrice du rayonnement excitateur permet d'obtenir un *rendement lumineux élevé*, avec une faible consommation d'énergie électrique. De plus, par sa forme, le tube se prête à l'examen spectroscopique direct, sans qu'il soit nécessaire d'utiliser pour cela un système optique intermédiaire. Les photographies de spectres ainsi obtenues comportent, avec les bandes d'émission de la substance, les raies d'émission de la colonne positive du tube. Ces raies, qui sont celles du spectre d'arc de l'élément mercure, jalonnent commodément les différentes régions spectrales. Enfin la température de la substance minérale étudiée peut être facilement réglée, soit au moyen d'une résistance chauffante enroulée sur l'ampoule, soit par une augmentation convenable de la densité de courant dans le tube, dont la paroi normalement froide peut alors s'échauffer et prendre une température fixe en régime constant.

Parmi les substances les plus sensibles étudiées au moyen du dispositif

---

(1) M. Servigne, *Comptes rendus*, **203**, 1936, p. 581.
(2) G. Claude, *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 1260.

précédent, il est intéressant de signaler un tungstate de calcium et un molybdate de calcium additionnés tous deux d'éléments de terres rares.

A ce sujet, les points suivants ont été observés :

a. Le tungstate de calcium déjà étudié (¹) et un molybdate de calcium, contenant également comme impureté décelable au spectre d'arc des traces indosables d'argent, donnent dans l'ampoule des émissions caractéristiques de leur photo-luminescence. Le spectre du tungstate est formé par une large bande diffuse présentant un maximum dans le bleu, vers $\lambda = 528^{m\mu}$. Le spectre correspondant au molybdate de calcium, beaucoup plus étalé et continu du rouge au violet, intéresse de manière remarquable toutes les régions du visible; il a un maximum dans le jaune vert ($580^{m\mu}$) et un maximum dans le bleu ($530^{m\mu}$). Les différentes émissions spectrales peuvent être localement renforcées par adjonction supplémentaire d'autres phosphorogènes. De plus, ces émissions se trouvent généralement affaiblies par une élévation de la température et elles disparaissent vers 400°. Enfin, elles ne présentent pas de persistance sensible.

b. Parmi tous les phosphorogènes utilisés, les éléments des terres rares, par exemple le samarium, confèrent par leur présence des propriétés particulières aux deux composés de calcium.

On sait (²), en premier lieu, que l'addition graduelle de samarium au diluant tungstate de calcium argentifère jusque vers la dose de 1/100ᵉ détermine l'apparition de plus en plus intense dans la région rouge orangé du spectre des larges raies caractéristiques de ce phosphorogène. On constate de plus que le renforcement graduel de l'émission dû aux centres samariés amène une régression correspondante de la bande bleue due aux autres centres luminogènes. Cet effet d'extinction, produit par l'émission des centres à éléments de terres rares sur l'émission des centres à éléments lourds communs, est surtout sensible vers les grandes longueurs d'ondes.

Remarquons encore qu'un effet analogue d'extinction progressive de la seule émission bleue du produit peut être obtenu, en présence d'une quantité constante de samarium, par une élévation modérée de la température; par contre, l'émission rouge orangé du samarium reste insensible à ce traitement. Ces derniers faits se traduisent par une variation frappante de la couleur d'émission du produit avec la température; c'est ainsi que la

(¹) M. SERVIGNE, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 2015.

(²) G. URBAIN, *Ann. de Ch.*, 8, 1909, p. 18; L. BRÜNINGHAUS, *Journ. de Phys.*, 2, 1931, p. 53; A. DE ROHDEN, *Ann. de Chimie*, 3, 1915, p. 1012.

lumière de couleur mauve (rouge orangé et bleu) émise à 20° par notre tungstate contenant 1/1000e de samarium, devient de plus en plus rouge à chaud.

Le molybdate de calcium argentifère et samarifère possède des propriétés analogues à celles du tungstate correspondant.

Si, on considère maintenant l'ensemble du dispositif utilisé, non plus comme un moyen d'analyse et d'investigation en luminescence, mais comme une *source possible de lumière*, on peut utiliser les circonstances décrites plus haut pour faire varier dans une large mesure les couleurs d'émission obtenues. En particulier, en ce qui concerne notre tungstate argentifère et samarifère, il est possible de réaliser entre ses émissions rouge orangé et bleue un rapport d'intensité très voisin de celui qui existe dans la lumière blanche ou lumière solaire. Ce dernier résultat est obtenu, avec un tungstate donné, par un réglage convenable de la température et de la teneur en samarium. Il conduit donc à une émission globale de photoluminescence qui ne diffère notablement de la lumière blanche que par l'absence des radiations intenses jaune vert caractérisant cette dernière. Mais on remarque que cette importante lacune peut être précisément comblée par des émissions vertes telles que celle de la willémite synthétique.

En conséquence, l'emploi d'un mélange intime, fait en proportions convenables, du tungstate samarifère et de la willémite synthétique nous a permis d'obtenir une lumière de photoluminescence *dont la composition spectrale est calquée sur celle de la lumière solaire*, ce qui peut lui conférer une grande importance en Biologie.

MAGNÉTOOPTIQUE. — *Rotation magnétique et biréfringence magnétique de quelques dérivés benzéniques purs et en solution.* Note de **Jacques Rabinovitch**, présentée par M. Aimé Cotton.

Dans la présente Note je donne les résultats de mesures effectuées sur les trois nitroanilines, les trois toluidines et le benzyle et j'indique quelques remarques qui en découlent. Les nitroanilines, la paratoluidine et le benzyle, qui sont solides à la température ordinaire, ont été étudiés en solution dans l'acétone. La métatoluidine, liquide, s'est prêtée à l'état pur aux deux sortes de mesures; par contre, l'orthotoluidine, qui est également liquide mais plus absorbante pour les radiations monochromatiques utili-

sées, a dû être mélangée à un liquide incolore (CCl^4) pour qu'on puisse mesurer — ce qui exige des cuves plus épaisses — sa biréfringence magnétique.

Dans les Tableaux suivants, c désigne le volume en centimètre cube occupé par le corps dissous dans 1^{cm^3} de solution; les indices j et v indiquent que les mesures ont été effectuées en lumière jaune ($\lambda = 578^{m\mu}$) ou verte ($\lambda = 546^{m\mu}$) du mercure. R est la mesure de la rotation magnétique du plan de polarisation et ρ est la constante de Verdet de la substance pure (exprimée en min/cm/gauss), constante déduite de R et calculée à partir de celle de l'eau. Le rapport ρ_v/ρ_j renseigne sur la dispersion du pouvoir rotatoire magnétique. B est l'angle (déterminé par la méthode du quart d'onde et exprimé en degrés) mesurant la grandeur de la biréfringence magnétique. C est la constante de Cotton et Mouton, calculée par comparaison à celle du nitrobenzène.

TABLEAU I. — *Rotations magnétiques* ($t = 20°$ C.).

Substance.	c.	R_j.	R_v.	ρ_j.	ρ_v.	ρ_v/ρ_j.
		°	°			
Acétone	–	7,96	9,02	1,16	1,33	1,13
o-Nitroaniline dans acétone..	0,100	10,40	12,39	4,76	6,27	1,32
m-Nitroaniline dans acétone..	0,098	9,69	11,35	3,76	4,81	1,28
p-Nitroaniline dans acétone..	0,100	10,38	11,94	4,73	5,61	1,19
o-Toluidine pure	–	27,14	–	3,98	–	–
m-Toluidine pure	–	25,31	29,11	3,71	4,27	1,15
Eau	–	9,33	10,49	1,37	1,54	1,12

TABLEAU II. — *Biréfringences magnétiques.*

Substance.	c.	$t°$ C.	B_j.	$C_j.10^{12}$.
		°	°	
Acétone	–	17	0,13	0,04
o-Nitroaniline dans acétone..	0,100	»	0,47	1,21
m-Nitroaniline dans acétone..	0,098	»	0,38	0,65
p-Nitroaniline dans acétone..	0,100	»	$0,51_5$	1,34
o-Toluidine dans CCl^4	0,235	»	0,27	0,39
m-Toluidine pure	–	»	1,20	$0,41_5$
p-Toluidine dans acétone	0,217	»	$0,32_5$	$0,34_5$
Benzyle dans acétone	0,142	19,4	1,10	2,4
Nitrobenzène	–	17	6,88	2,52

1. Remarquons d'abord la dispersion très forte du pouvoir rotatoire magnétique des nitroanilines *ortho* et *méta* par rapport à celle du dérivé *para*. Il en résulte que les constantes de Verdet qui, pour le vert et le jaune, se

rangent dans l'ordre décroissant suivant : *ortho*, *para*, *méta*, se classent pour le rouge dans l'ordre différent : *para*, *ortho*, *méta* et, dans ces conditions, la règle énoncée par Perkin, selon laquelle les dérivés *ortho* ont généralement un pouvoir rotatoire magnétique supérieur à celui des dérivés *méta* et *para*, se trouve en défaut quand on étudie leurs dispersions.

2. Quant aux constantes de Cotton et Mouton, elles se classent, pour le jaune, dans l'ordre suivant :

Nitroanilines..................	para	ortho	méta
Toluidines....................	méta	ortho	para

D'autre part MM. A. Cotton et H. Mouton (1) pour les xylènes avaient trouvé :

Xylènes......................	ortho	para	méta

et M. Ramanadham (2), pour les nitrotoluènes étudiés en lumière blanche :

Nitrotoluènes..................	méta	ortho	para.

On voit sur ces quatre exemples, comme l'avaient prévu MM. Cotton et Mouton, que l'anisotropie n'est pas liée d'une façon simple à la position relative des radicaux greffés sur le noyau benzénique.

3. Le benzyle à l'état pur (au-dessus du point de fusion) a été étudié par C. Salceanu (3) qui a trouvé une constante de Cotton et Mouton exceptionnellement forte ($C = 4{,}72 . 10^{-12}$ à 116°C.). Les mesures faites sur des solutions par S. W. Chinchalkar (4), par M. Ramanadham (5) et par moi-même conduisent toutes pour le corps pur à des valeurs inférieures à celle indiquée par Salceanu. La comparaison des résultats donnés dans le Tableau III (où c_1 est le nombre de grammes de benzyle dans 1^{cm^3} de solution et b la biréfringence magnétique de la solution rapportée à celle du nitrobenzène prise égale à 100) montre que dans les solutions étudiées la biréfringence magnétique spécifique du benzyle croît avec la concentration (6).

---

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, **28**, 1913, p. 209.
(2) *Indian J. Pysics*, **4**, 1929, p. 109.
(3) *Thèse*, Paris, 1932.
(4) *Proc. Indian Acad. Sc.*, **2**, [A], 1935, p. 525.
(5) *Proc. Indian Acad. Sc.*, **3**, [A], 1936, p. 43.
(6) Un résultat analogue, en ce qui concerne la biréfringence électrique du benzyle en solution, a été trouvé par De Mallemann (*Comptes rendus*, **185**, 1927, p. 709).

TABLEAU III. — *Solutions de benzyle.*

Auteur.	Solvant.	$c_1.10^2$.	t°C.	Lumière.	*b*.
Chinchalkar...........	CCl^4	5,38	-	blanche	2,1
Ramanadham..........	»	11,6	32	»	6,5
Rabinovitch...........	acétone	20,7	19,4	$\lambda = 578^{m\mu}$	16

CHIMIE PHYSIQUE. — *Introduction à la cinétique de l'oxydation des métaux donnant deux oxydes.* Note (¹) de M. GABRIEL VALENSI, présentée par M. Georges Urbain.

I. Quand l'oxygène réagit sur un métal à valences multiples, tous les oxydes se forment en général simultanément, et se rencontrent, en couches distinctes, dans l'ordre des teneurs d'oxygène décroissantes, depuis la surface externe jusqu'au noyau résiduel (²). Le mécanisme de diffusion proposé dans une Communication précédente (³) permet d'interpréter ce phénomène.

II. Traitons le cas d'un métal Me à deux oxydes MeO^a, $MeO^{a'}$ $(a > a')$ de densités respectives D, D', de masses moléculaires M, M' et dont f, f' sont les tensions de dissociation à la température T. Soit P la pression d'oxygène dans la phase gazeuse. Durant la transformation d'une *lame métallique* de surface S, chacune des couches formées prend sur ses deux faces des concentrations d'oxygène bien déterminées, et l'on a, en généralisant des notations déjà adoptées :

Couche d'oxyde.	Épaisseur à l'instant *t*.	Concentration en amont.	Concentration en aval.	Différence de conc. motrice.	Coefficient de diffusion.
MeO^a	g	$h_1 = \dfrac{KNP}{e^{-W/RT} + KP}$	$h_2 = \dfrac{KNf}{e^{-W/RT} + Kf}$	$H = h_1 - h_2$	$\mu = AN\,e^{-W/RT}$
$MeO^{a'}$	g'	$h'_1 = \dfrac{K'N'f}{e^{-W/RT} + K'f}$	$h'_2 = \dfrac{K'N'f'}{e^{-W'/RT} + K'f'}$	$H' = h'_1 - h'_2$	$\mu' = A'N'\,e^{-W'/RT}$

Soient, en *atomes-grammes*, Q et Q' les quantités d'oxygène ayant traversé à l'instant t les oxydes $MeO^{a'}$, MeO^a. Au même instant, Q représente la quantité totale fixée par le système, Q' la quantité fixée par le métal pur et $Q - Q' = q$, la quantité

(¹) Séance du 26 octobre 1936.

(²) Pour le cas du fer, voir par exemple les études micrographiques de PFEIL, *J. Iron and Steel Inst.*, **1**, 1931, p. 237.

(³) G. VALENSI, *Comptes rendus*, **203**, 1936, p. 1154.

fixée par l'oxyde $MeO^{a'}$. *En régime*, l'on a d'après la loi de Fick :

$$(1)\qquad \frac{dQ}{dt} = \frac{\mu H}{g} S = \frac{(a-a')DS^2\mu H}{M(Q-Q')},$$

$$(2)\qquad \frac{dQ'}{dt} = \frac{\mu' H'}{g'} S = \frac{a'(a-a')D'S^2\mu' H'}{M'(aQ'-a'Q)}.$$

Divisons (1) par (2). Il vient après transformation, et en posant :

$$\alpha = \frac{(a-a')DM'\mu H}{a'D'M\mu' H'}, \qquad \beta = \frac{(1+a')DM'\mu H}{a'D'M\mu' H'},$$

$$\frac{dq}{dQ'} = \alpha\frac{Q'}{q} - \beta,$$

équation linéaire homogène, qui s'intègre, selon la méthode habituelle, en prenant pour variable auxiliaire $u = q/Q'$. L'on arrive à l'expression

$$(3)\qquad C = (q - u''Q')^{\frac{u''}{u''-u'}}.(q - u'Q')^{\frac{u'}{u'-u''}},$$

dans laquelle C est la constante d'intégration et u', u'' sont les racines (de signes contraires) de l'équation $u^2 + \beta u - \alpha = 0$. La condition initiale $q = 0$ pour $Q' = 0$ entraîne une simplification remarquable : le deuxième membre de (3) s'annulant pour ces valeurs, $C = 0$ et $q/Q' = u'$.

D'où *la constance, à tout instant, du rapport des quantités d'oxydes présentes.* L'équation (1) devient alors directement intégrable

$$(4)\qquad Q^2 = \frac{2(a-a')(u'+1)DS^2\mu H}{u'M} t.$$

La marche du phénomène obéit à une loi parabolique, comme dans le cas des métaux n'ayant qu'un oxyde. L'influence de la température, très complexe, *ne saurait cependant satisfaire à la formule d'Arrhénius*, puisque dans l'expression (4) u' en même temps que μH en dépend.

III. Tout ce qui précède suppose évidemment *qu'il subsiste du métal inaltéré*. Quand cette condition n'est plus réalisée, le phénomène change de forme et devient parfaitement analogue à l'oxydation d'un métal monovalencé : Si Q_0 est l'oxygène que nécessiterait la transformation intégrale du métal en oxyde $MeO^{a'}$,

$$\frac{d(Q-Q_0)}{dt} = \frac{(a-a')DS^2}{M(Q-Q_0)}\mu H,$$

$$(Q-Q_0)^2 = \frac{2(a-a')ANDS^2}{M} e^{-W/RT} t + C$$

C désignant une constante d'intégration, *qui ici n'est pas nulle*. Le signe

positif de la dérivée seconde

$$\frac{d^2 t}{d(Q^2)^2} = \frac{M}{2(a-a')\mathrm{ANDS}^2 . e^{-W/RT}} \frac{Q_0}{Q^3}$$

indique qu'en conservant les coordonnées t, Q^2, utiles à la première période, la courbe représentative tournerait sa concavité vers les faibles oxydations.

En résumé, à pression et température fixes, l'oxydation d'un métal possédant deux valences produit simultanément les deux oxydes *dans un rapport constant*. Le carré de la quantité d'oxygène absorbé est proportionnel au temps, mais les coefficients obtenus à diverses températures ne satisfont pas à la loi d'Arrhenius. Cette proportionnalité cesse d'exister dès que disparaît le métal pur, et la variation envisagée devient de moins en moins rapide. Toutefois durant cette deuxième période le carré de la différence entre l'oxygène fixé et l'oxygène qui transformerait le métal initial en sous-oxyde, est fonction linéaire du temps. Les coefficients angulaires à diverses températures, obéissent alors à la loi d'Arrhenius.

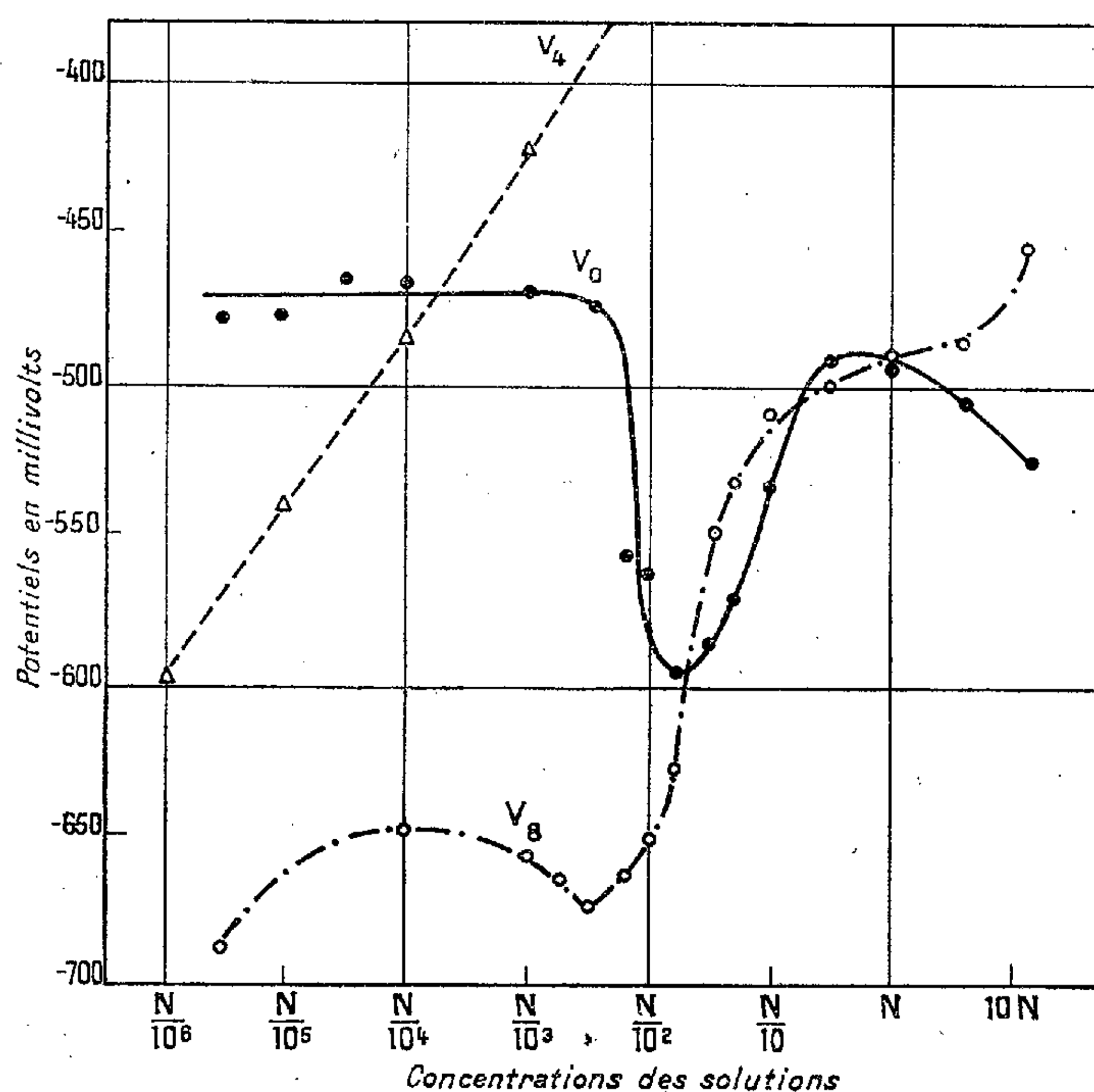
CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur le potentiel du fer dans l'acide chlorhydrique.* Note (1) de M. **Louis Guitton**, présentée par M. Aimé Cotton.

Lorsqu'on établit la courbe potentiel-temps relative à une éprouvette métallique dans un électrolyte, on n'effectue généralement pas la première mesure immédiatement après l'immersion; parfois même on attend que le métal soit, au point de vue électrique, en équilibre avec la liqueur. Il est intéressant, dans certains cas, de déterminer le potentiel aussi peu de temps que possible après l'immersion. On peut espérer en effet qu'une mesure initiale caractérisera beaucoup mieux un système métal-liquide qu'une mesure effectuée plusieurs minutes après l'immersion, en raison du nombre élevé de facteurs qui entrent en jeu avec le temps (corrosion du métal, produits de la corrosion dissous dans le liquide, air dissous).

Nous avons étudié un fer industriel à 0,1 pour 100 de carbone et 0,4 pour 100 d'impuretés diverses, soumis à des solutions chlorhydriques de diverses concentrations. Le métal est élaboré au four électrique et laminé en tôles de 2^{mm} à partir de lingots de 500^{kg}. L'acide chlor-

(1) Séance du 23 novembre 1936.

hydrique est un acide pur du commerce. Les solutions ne sont pas désaérées. Les déterminations ont été faites à l'aide d'une microélectrode au calomel saturée en utilisant la méthode potentiométrique et dans des conditions qui permettent d'éviter toute polarisation, comme il a été dit dans une Note précédente [1]. Les premières mesures sont faites 1 seconde après l'immersion. Nous avons vérifié par des essais préliminaires que les déterminations faites après un temps plus court, de l'ordre de 1/10 de seconde, sont identiques à celles qui sont faites après 1 seconde, et nous appelons ce potentiel le potentiel initial V_0. Les mesures suivantes sont faites après 1, 2, 4, 6 et 8 minutes.



Potentiel du fer dans l'acide chlorhydrique.
V_0 potentiel après 1 seconde; V_8 potentiel après 8 minutes.

Nous reproduisons sur la figure ci-dessus les deux courbes obtenues en portant en ordonnées les potentiels V_0 et V_8 (potentiel après 8 minutes) évalués en mv et rapportés à l'électrode au calomel saturée, et en abscisses les concentrations d'acide évaluées en fraction de la normalité. Nous avons

(1) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 1066.

reproduit également une courbe donnant le potentiel de l'électrode à hydrogène dans les mêmes conditions.

Les diagrammes présentent deux particularités intéressantes :

1° Le potentiel initial de —480 mv, dans les liqueurs très diluées, est électropositif, c'est-à-dire positif par rapport à l'hydrogène; cette valeur est remarquable car, si l'on admet avec de nombreux auteurs que la force électromotrice de la demi-pile que constitue l'électrode de référence est égale à —480 mv, elle correspond à un potentiel métal-liquide égal à 0. On en conclut que les échanges d'ions sont au début négligeables, ce qui confirme l'hypothèse souvent faite [Sven Bodforss (¹)] que la réaction $Fe \rightarrow Fe^{++} + 2e$ est très lente, au moins dans les électrolytes peu conducteurs. Cette émission a lieu cependant et le potentiel décroît progressivement et devient électronégatif; il y a polarisation des cathodes et corrosion lente du métal.

2° La variation de V_0 et de V_8 au-dessus de la concentration $N/5 \times 10$ correspondant au minimum de la courbe V_0, se fait dans le même sens que pour l'électrode d'hydrogène et il est nécessaire d'admettre que le fer, dans l'acide à la concentration $N/5 \times 10$, se trouve saturé en hydrogène comme le platine d'une électrode à hydrogène [Bodforss (¹), Liebreich (²)]. En effet le potentiel d'un métal dans une solution acide ne peut augmenter que par suite d'une adsorption d'ions H^+ ou d'une polarisation anodique par les ions OH^-, et l'on sait que le fer, à l'inverse du chrome, ne subit pas la polarisation anodique.

Il est d'ailleurs utile de remarquer que cette adsorption d'ions H^+ constitue un phénomène tout à fait anormal dans le cas d'un métal commun comme le fer, car les métaux communs impurs adsorbent les ions H^+ par leurs hétérogénéités cathodiques qui sont polarisées par le passage des courants locaux ; or les cathodes sont toujours constituées par les impuretés et non par le métal de fond. Tout se passe donc comme si l'hydrogène adsorbé par les cathodes se diffusait vers le métal avoisinant.

En résumé, le fer peut être, à deux points de vue différents, comparé à un métal noble :

1° Son potentiel initial dans les solutions très diluées est électropositif; mais tandis que les métaux nobles comme le platine sont électropositifs par suite d'une adsorption d'ions H^+, le fer est électropositif par inertie ionique ou électronique.

(¹) *Zeits. phys. Chem.*, **160**, A, 1932, p. 141-157.

(²) *Zeits. phys. Chem.*, **161**, A, 1932, p. 97-112.

2° Le fer adsorbe des ions H^+ dans des solutions plus concentrées et fonctionne comme une électrode d'hydrogène au-dessus d'une certaine concentration critique.

CHIMIE MINÉRALE. — *Hydrates des combinaisons moléculaires de l'oxalate de zirconyle avec l'acide oxalique et les oxalates alcalins.* Note de Mlle **Jeanne Boulanger**, présentée par M. Georges Urbain.

Je me suis proposé d'étudier les hydrates des combinaisons moléculaires oxalate de zirconyle, acide oxalique, oxalates alcalins, obtenues à 20° (1).

1° J'ai recherché tous les hydrates susceptibles de se former à des températures supérieures à 20°. Pour cela les sels doubles ont été portés dans un courant d'air sec de 10 en 10° à des températures fixes jusqu'à poids constant. Après chaque perte de poids la composition du nouvel hydrate a été déterminée par analyse.

2° J'ai vérifié que les composés obtenus étaient bien des hydrates définis par la mesure de leur chaleur de dissolution et le calcul de la chaleur moyenne dégagée lorsqu'ils fixent une molécule d'eau pour donner un hydrate plus riche en eau.

Dans le tableau suivant sont consignés les résultats obtenus avec les combinaisons du type

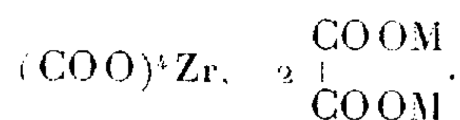
$$\begin{matrix}COO\\COO\end{matrix}\Big\rangle ZrO,\quad \begin{matrix}COOH\\|\\COOH\end{matrix},\quad 2\begin{matrix}COOM\\|\\COOM\end{matrix},\quad nH^2O.$$

Degrés.	Hydrates à :	Chaleur de dissolution	Chaleur moyenne de fixation de 1mol d'eau
	Sel de K.	cal	cal
20	$4H^2O$	—19,92	—
42	$2H^2O$	—	—
65	0	—10,93	+2,22
85	$(COO)^4Zr,\ 2\begin{matrix}COOK\\|\\COOK\end{matrix}$	— 8,24	+2,87
	Sel de Rb.		
20	$2H^2O$	—19,65	—
32	$(COO)^4Zr,\ 2\begin{matrix}COORb\\|\\COORb\end{matrix}$	—12,96	+2,22

(1) Mlle J. Boulanger, *Comptes rendus* **202**, 1936, p. 2156 et **203**, 1936, p. 87.

Degrés.	Hydrates à :	Chaleur de dissolution.	Chaleur moyenne de fixation de 1^{mol} d'eau.
	Sel de Cs.		
		cal	cal
20	$4H^2O$	$-20,51$	—
75	$3H^2O$	—	
85	$(COO)^4Zr,\ 2\begin{matrix}COOCs\\ COOCs\end{matrix}$	$-5,36$	$+3,05$
	Sel de NH^4.		
20	$2H^2O$	$-15,85$	—
42	o	$-13,21$	$+1,32$
58	$(COO)^4Zr,\ 2\begin{matrix}COONH^4\\ COONH^4\end{matrix}$	$-8,51$	$+4,70$
	Sel de Li.		
20	$7H^2O$	$-5,92$	
45	$3H^2O$	$+4,48$	$+2,60$
65	décomposition	—	—
	Sel de Na.		
20	$3H^2O$	$-3,24$	—
103	décomposition	—	—

Avec les quatre oxalates alcalins de potassium, rubidium, cæsium, ammonium, on obtient à la fin de la dessiccation les zirconioxalates anhydres



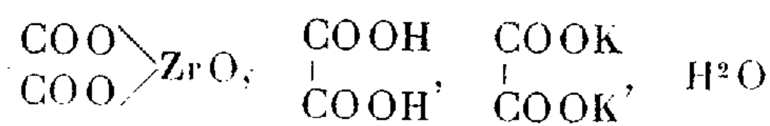
$$(COO)^4Zr,\ 2\begin{matrix}COOM\\ COOM\end{matrix}.$$

Sous l'action de la chaleur il y a transformation des sels acides de zirconyle en sels de zirconium.

Les sels de lithium et de sodium se décomposent avant la déshydratation complète.

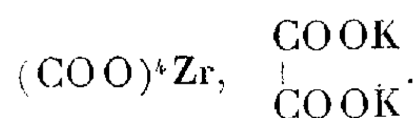
Par dessiccation les sels de potassium et de cæsium donnent un composé correspondant respectivement aux hydrates à 2 et $3H^2O$. Les mesures de thermochimie semblent indiquer que ces composés ne sont pas des combinaisons définies.

La combinaison moléculaire

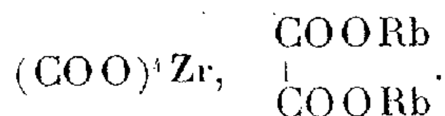


$$\begin{matrix}COO\\ COO\end{matrix}\!\!>ZrO,\quad \begin{matrix}COOH\\ COOH\end{matrix},\quad \begin{matrix}COOK\\ COOK\end{matrix},\quad H^2O$$

chauffée dans les mêmes conditions que précédemment donne à 85° le sel de zirconium



Le sel double analogue de rubidium donne également



Sauf le zirconioxalate d'ammonium trouvé par Venable et Baskerville [1] aucune de ces combinaisons n'avait été signalée.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la solubilité des impuretés* SiO^2, Al^2O^3 *et* MgO *dans le carbure de calcium industriel.* Note [2] de M. **Christian Aall**, présentée par M. Georges Urbain.

Pour étudier l'influence des impuretés sur la fabrication du carbure de calcium, nous avons été amené à préciser les conditions de solubilité des trois oxydes SiO^2, Al^2O^3 et MgO dans le carbure industriel.

Pour cela, nous avons fabriqué dans un four électrique, marchant à puissance réduite de 300 kilowatts du carbure de calcium à partir de matières très pures (chaux à 99,23 CaO pour 100, coke à 98,67 C pour 100), en faisant varier volontairement sa richesse entre 250 et 300 litres.

Nous avons introduit dans le four, en trois séries distinctes, de 24 heures chacune, un des oxydes SiO^2, Al^2O^3 et MgO, en teneurs croissant de 0 à 8 pour 100 du poids de la coulée, celle-ci étant faite toutes les 90 minutes. Sur toutes les coulées ainsi obtenues, renfermant chacune comme impureté un des trois oxydes, nous avons déterminé la teneur du produit en CaC^2 et en oxyde dissous. Nous avons enfin comparé, pour chaque coulée, les deux résultats ci-dessus avec la proportion d'impureté introduite dans la charge correspondante.

Nous avons trouvé que la quantité d'impureté dissoute dans le carbure est fonction de deux facteurs : la proportion d'impureté contenue dans la charge et la teneur en chaux libre du carbure final. Ces facteurs agissent dans le même sens sur la solubilité et, à condition de se tenir au-dessous

(1) *J. Am. Chemic. Society*, 19, 1897, p. 12.

(2) Séance du 30 novembre 1936.

de la saturation, cette solubilité leur est sensiblement proportionnelle : plus la proportion d'oxyde dans la charge est grande ou plus le carbure est riche en chaux libre, plus la quantité d'impureté dissoute est importante.

Les limites de saturation et les constantes des fonctions ci-dessus ne sont cependant pas les mêmes pour les trois oxydes.

L'alumine est le plus soluble des trois. Pour un carbure normal de 290 à 300 litres, la proportion dissoute représente 65 à 75 pour 100 de la quantité d'oxyde introduit dans le four; il ne semble pas d'ailleurs que, dans les conditions de nos essais, nous soyons arrivé à la saturation. Pour des carbures plus pauvres, cette proportion d'oxyde dissous augmente assez lentement, pour atteindre 100 pour 100, c'est-à-dire la solubilisation complète avec un carbure titrant environ 210 litres.

La silice est moins soluble. Un carbure de 290 à 300 litres dissout environ 30 pour 100 de la quantité de silice introduite, tant que l'on n'a pas atteint la saturation, qui avoisine 2,20 de SiO^2 pour 100 de carbure. Pour des carbures plus pauvres, la solubilité augmente rapidement : ainsi pour un carbure de 237 litres, nous avons retrouvé 3,56 des 5 pour 100 de SiO^2 introduits, soit une proportion dissoute de 70 pour 100.

La magnésie est peu soluble dans le carbure normal, qui dissout au maximum 0,80 MgO pour 100, quel que soit l'excès d'oxyde dans la charge. La proportion d'oxyde solubilisé atteint 10 à 15 pour 100 de la magnésie chargée, cette proportion diminuant dès que le carbure est saturé. Comme dans le cas de la silice, la solubilité de la magnésie augmente rapidement avec l'excès de chaux libre dans le carbure, un carbure de 265 litres dissolvant 1,43 MgO pour 100, avec 5,5 MgO pour 100 dans la charge, et un taux de solubilisation de 26 pour 100.

La relation qui existe entre la solubilité des impuretés et la richesse du carbure indique que c'est la chaux libre du carbure industriel qui sert de solvant aux impuretés, et que le carbure proprement dit, CaC^2, n'en dissout que très peu, peut-être même point.

L'excès non dissous ne s'évacue pas de la même façon pour les trois oxydes. La silice se sépare du carbure sous forme de croûtes, dont la composition est sensiblement celle du silicate bicalcique; la silice et la chaux de la charge se sont combinées pour former un laitier très fusible qui, se soustrayant à l'action du coke, se solidifie sur le pourtour de la cuve de fusion. Quant à l'excès des deux autres oxydes, il a été retrouvé pour la plus grande partie dans les fumées, par suite d'une volatilisation de l'impureté avec ou sans réduction préalable. Ce fait est surtout marqué avec la

magnésie, qui produit d'abondantes fumées, contenant jusqu'à 60 MgO pour 100.

En résumé, nous avons trouvé que les trois oxydes SiO^2, Al^2O^3 et MgO n'ont pas la même solubilité dans le carbure de calcium industriel. L'alumine est de beaucoup la plus soluble, ensuite vient la silice, et finalement la magnésie. Pour les trois corps, la solubilité est fonction de deux facteurs : l'excès d'oxyde dans la charge et la teneur en chaux libre du carbure. Cette fonction semble être linéaire, indiquant ainsi que le constituant CaO serait le seul solvant des impuretés. L'excès non dissous des trois oxydes s'élimine soit par formation de croûtes (SiO^2), soit par volatilisation (Al^2O^3 et MgO).

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la décomposition thermique des carbonates de calcium.* Note [1] de M. **Louis Hackspill**, présentée par M. Marcel Delépine.

Une étude, faite en collaboration avec M. Stempfel, de la décomposition thermique de certains hydrates nous ayant montré la grande stabilité des produits cristallisés (gibbsite, brucite, etc.) comparée à celle des mêmes espèces chimiques amorphes, j'ai pensé que cette stabilité cristalline n'était pas l'apanage des seuls hydrates et cela m'a amené à reprendre, à ce point de vue, la décomposition thermique des diverses variétés de carbonate de calcium, qui a fait l'objet de nombreuses communications depuis celle de Debray qui date de 1867.

L'appareil que j'ai utilisé a déjà été décrit [2]; il permet d'établir le début de la courbe de décomposition dans le vide qui devient la courbe de dissociation si l'on élève assez lentement la température. On peut enregistrer ces courbes sur la plaque d'un galvanomètre double Saladin-Le Chatelier. Trente et une expériences ont été faites dans des conditions variées; leurs résultats peuvent se résumer de la manière suivante :

1° La calcite naturelle ou artificielle et l'aragonite ont des vitesses de décomposition et des tensions de dissociation identiques ou très voisines.

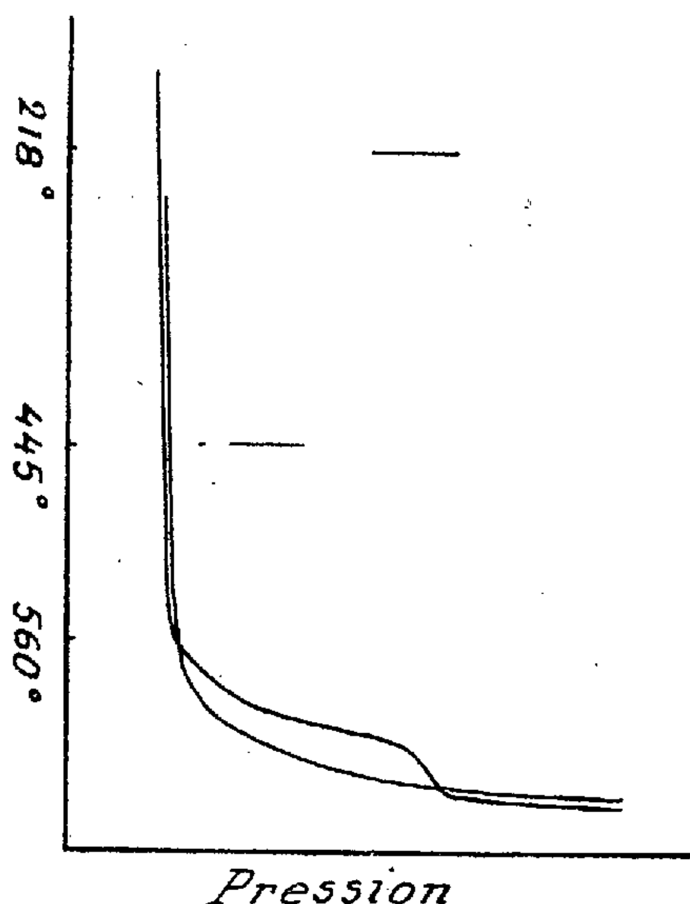
2° Le carbonate reconstitué se comporte d'une manière différente comme le montre la figure ci-après. La courbe de droite est celle de la calcite,

---

(1) Séance du 30 novembre 1936.

(2) Hackspill et Kiffer, *Ann. de Chimie*, 14, 1930, p. 56.

la courbe de gauche correspond à un mélange de carbonate synthétique et de calcite, celle-ci commençant à se décomposer après disparition complète de celle-là. Des courbes analogues ont pu être obtenues par points successifs en maintenant, avant chaque lecture, la température constante pendant 1 heure (¹). Entre 560 et 660° le carbonate reconstitué fournit une même pression que la calcite pour une température inférieure d'environ 30°. Ainsi une même pression de 6^{mm},5 est obtenue à 630° avec de la calcite ou à 600° avec du carbonate reconstitué. Si l'on chauffe les deux carbonates



côte à côte dans un même tube d'argent, le synthétique se décompose seul comme il est facile de le montrer par pesée.

3° Lorsqu'on laisse refroidir le système, totalement dissocié vers 660°, la recombinaison ne se fait que très lentement à froid, elle ne se fait même plus du tout si toute trace d'eau a été éliminée. A partir de 400° cela est beaucoup plus rapide, mais tandis qu'à cette température (même à 500°), la tension de dissociation est nulle, on ne revient pas au 0. Même après plusieurs jours, on n'a pu descendre au-dessous de 0^{mm},5, pression obtenue déjà au bout de 8 heures. Si l'on recommence la même expérience sur le

(¹) Les points les plus bas obtenus pour la calcite correspondent à des pressions légèrement supérieures à celles indiquées par Johnston (*Journ. of the Amer. Chem. Soc.*, 32, 1910, p. 938) et confirmées par Jolibois et Bouvier (*Comptes rendus*, 172, 1921, p. 1182).

même échantillon sans ouvrir l'appareil, mais après avoir éliminé l'excès de gaz carbonique en faisant le vide au 1/100e de millimètre, la seconde absorption n'est pas plus complète que la première. On peut recommencer dix fois et sans doute davantage; après chaque cycle, il reste une pression de 0,4 à $0^{mm},8$ dans l'appareil, et l'on ne peut revenir au 0 qu'à l'aide de la pompe à vide. Si l'appareil est volumineux (7 litres dans plusieurs expériences), le produit solide s'enrichit rapidement en chaux libre, il arrive à en contenir 70 et même 80 pour 100. Nul doute qu'avec de la patience on arrive à obtenir CaO pure.

Interprétation des résultats. — Si le carbonate reconstitué était amorphe, l'explication serait très simple, mais il est cristallisé et son spectre X est identique à celui de la calcite, comme l'a montré M. Wyart, qui a caractérisé également le spectre de la chaux et celui de la calcite, à l'exclusion de tout autre, dans les produits ayant subi une ou plusieurs décompositions thermiques suivies de recombinaison, ce dont je lui suis très reconnaissant. On pourrait, il est vrai, admettre l'existence simultanée de carbonate amorphe dénué de spectre X, mais il est plus vraisemblable d'attribuer des propriétés spéciales à des cristaux certainement beaucoup plus fins que les grains obtenus par pulvérisation très poussée, et peut-être même voisins du rhomboèdre élémentaire. Peut-être faut-il rapporter également à une question de grosseur de cristaux le fait que la chaux mise en liberté est incapable de se recombiner à la totalité de l'anhydride carbonique auquel elle était primitivement unie. Le gaz carbonique jouerait en quelque sorte pour la chaux le rôle de minéralisateur.

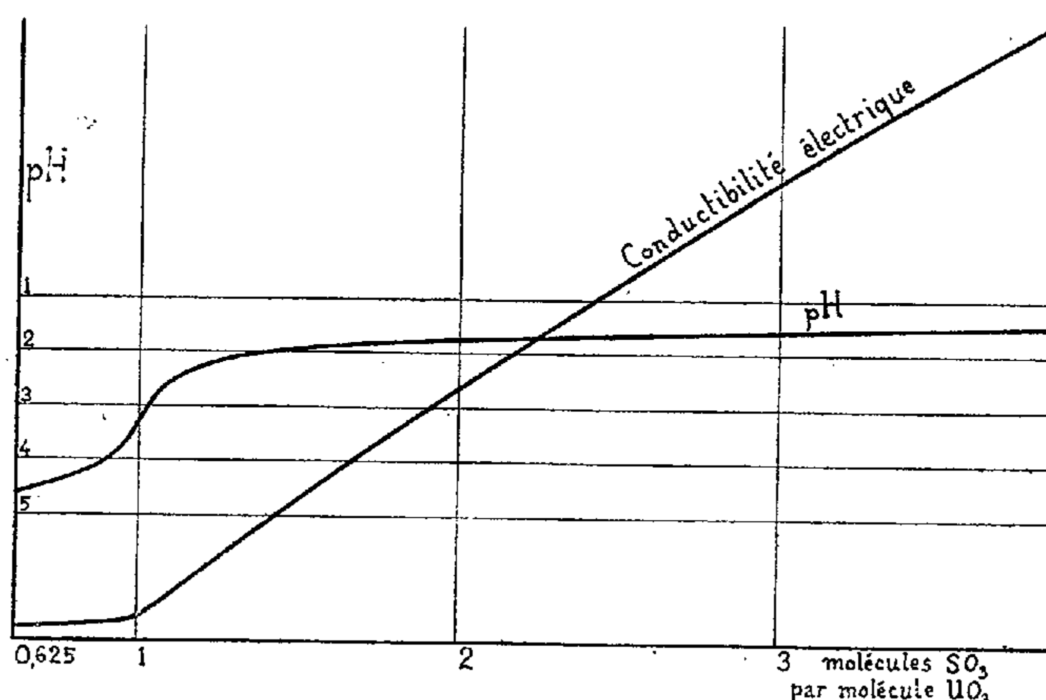
CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la notion de sel basique dans la série de l'uranium hexavalent.* Note de MM. **Pierre Jolibois** et **Georges Fouretier**, présentée par M. Georges Urbain.

L'un de nous a montré autrefois que le nitrate d'uranyle était susceptible de dissoudre l'oxyde UO^3 et de donner un sel soluble correspondant aux proportions d'anhydride et de base $N^2O^5 2UO^3$ [1].

Nous avons répété ces expériences avec le sulfate d'uranyle et nous sommes parvenus par une longue agitation à la température ordinaire à obtenir une solution contenant UO^3 et SO^3 dans le rapport 1,6 à la con-

[1] P. Jolibois et R. Bossuet, *Comptes rendus*, 174, 1922, p. 725.

centration de $74^g,3$ par litre en UO^3. Si l'on traite par l'acide sulfurique une telle solution, en enregistrant photographiquement la conductibilité électrique et le pH en fonction du poids de l'acide ajouté, on constate que seule la composition SO^3UO^3 est marquée par un accident sur les courbes. Aucune variation brusque de ces grandeurs n'est visible en particulier pour la composition $3SO^3$, UO^3 qui serait celle du sulfate neutre. Ce composé



n'apparaît pas en solution. M. Guichard a fait remarquer que les sels appelés sels d'uranyle par allusion à la théorie des radicaux, sont des sels basiques ([1]). Notre expérience montre que le sulfate d'uranyle est le seul à exister en solution.

On peut à ce propos attirer l'attention sur un fait important pour la nomenclature chimique. Ce sel, dénommé basique parce qu'il contient plus d'oxyde basique que le sel normal hypothétique $3SO^3UO^3$, a en réalité une réaction acide $pH = 3,2$ à 30° en solution M/25 (voir la figure).

Ceci montre avec quelle prudence il convient d'employer l'expression sel basique, puisqu'un seul sel soluble à réaction nettement acide peut contenir trois fois plus d'oxyde que le sel neutre, répondant pour cette raison à la définition que l'on donne habituellement des sels basiques.

Il est possible de donner une autre interprétation à cette expérience en considérant SO^3UO^3 en solution non plus comme un sel mais comme un acide complexe de faible conductibilité électrique, analogue aux acides chromosulfuriques, aux acides phosphomolybdiques, aux acides uranotar-

([1]) GUICHARD, *Conférences de Chimie minérale*, 2e édition, Paris, 1916, p. 272.

triques de Darmois ([1]) etc. Ceci entraînerait à dire que dans les composés d'uranium hexavalents, l'oxyde UO^3 n'a jamais la fonction oxyde basique. Les sels d'uranyle seraient des acides complexes solubles.

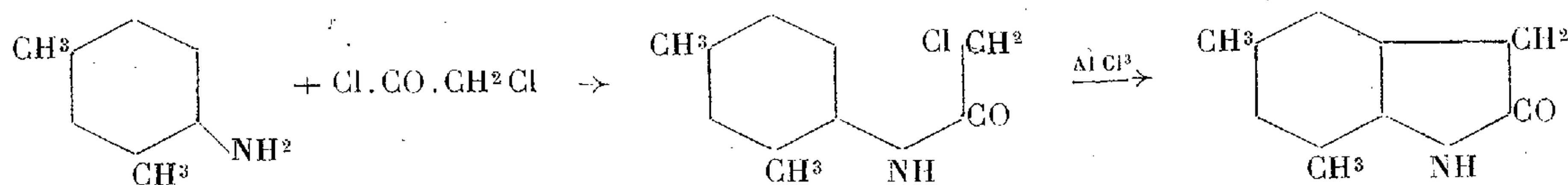
Un fait constaté par Lebeau ([2]) vient apporter un argument en faveur de cette manière de voir. Le nitrate d'uranyle à 2^{mol} d'eau se conduit comme un composé différent des hydrates de sel, puisqu'il se dissout dans l'éther anhydre sans abandonner son eau de constitution.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le diméthyl-5.7-oxindol.*

Note de M. **Victor Livovschi**, présentée par M. Marcel Delépine.

J'ai montré ([3]) que les réactions de l'oxindol et, en particulier, celles de sa fonction méthylénique mises en évidence pour la première fois par A. Wahl et P. Bagard ([4]) en 1909, s'appliquent également au diméthyl-4.7-oxindol.

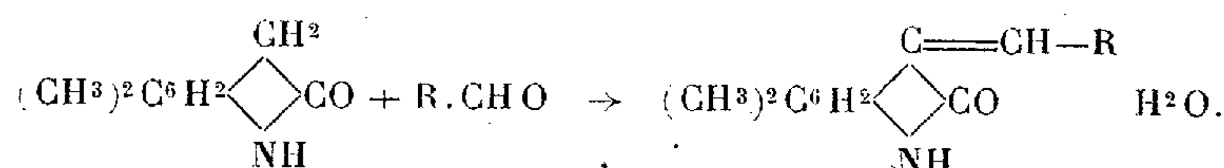
J'ai pu vérifier depuis qu'il en est de même pour l'isomère de celui-ci, le diméthyl-5.7-oxindol qui n'avait pas encore été préparé. On obtient ce composé en appliquant la méthode de Stollé ([5]) à la métaxylidine. La base pure est traitée par le chlorure de chloracétyle et le dérivé chloracétylé est ensuite cyclisé par chauffage avec le chlorure d'aluminium. Ces réactions sont les suivantes :



Le diméthyl-5.7-oxindol peut être extrait par l'eau bouillante ou la plupart des dissolvants organiques; il forme des cristaux blancs fondant à 153° et il bout sans décomposition dans le vide vers 210° sous 15^{mm}. (*Analyses :* Trouvé pour 100 : C, 74,34; H, 6,86; N, 8,74. Calculé pour $C^{10}H^{11}ON$: C, 74,53; H, 6,83; N, 8,74.)

([1]) *Comptes rendus*, **177**, 1923, p. 49.
([2]) *Bull. Soc. chimique*, **9**, 1911, p. 298.
([3]) *Comptes rendus*, **201**, 1935, p. 217.
([4]) *Comptes rendus*, **148**, 1909, p. 716.
([5]) *Ber. d. chem. Ges.*, **47**, 1914, p. 2120; *J. prakt. Chem.*, **105**, 1922, p. 137; **128**, 1930, p. 1; **135**, 1933, p. 345; Brevet allemand 335765.

Comme l'oxindol et ses dérivés de substitution dans lesquels le groupe $-CH^2-CO-$ est conservé, le diméthyl-5.7-oxindol peut donner naissance à des isoindogénides. C'est ainsi qu'il réagit avec la plus grande facilité avec les aldéhydes aromatiques suivant la réaction :

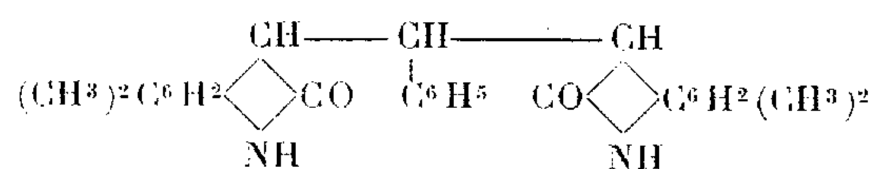


Il suffit, pour cela, de chauffer les corps réagissants en proportions moléculaires, au sein de l'alcool, en présence de quelques gouttes de pipéridine; la solution se colore et par refroidissement l'isoindogénide se dépose à l'état cristallisé. Le *benzylidène*-3-*diméthyl*-5.7-*oxindol*, obtenu avec la benzaldéhyde, forme des cristaux jaune orangé (benzine) fondant à 195°. (*Analyse :* Trouvé pour 100 : C, 81,35; H, 6,15; N, 5,57. Calculé pour $O^{17}H^{15}ON$: C, 81,93; H, 6,02; N, 5,62.) Le *para-chloro-benzylidène*-3-*diméthyl*-5.7-*oxindol* dérivé de la para-chloro-benzaldéhyde, forme des cristaux orangés (alcool) fondant à 167°. Le *pipéronylidène*-3-*diméthyl*-5.7-*oxindol*, résulte de la réaction avec le pipéronal; cristaux orangés (F. 198°). Le *furfurylidène*-3-*diméthyl*-5.7-*oxindol* forme de belles aiguilles orangées fondant à 246°.

Les analyses de ces produits ont fournit des chiffres corrects.

Ortho-sulfonate de sodium-benzylidène-3-*diméthyl*-5.7-*oxindol*, obtenu avec le sel de sodium de l'acide benzaldéhyde ortho-sulfoné, forme des cristaux jaunes se décomposant vers 285°.

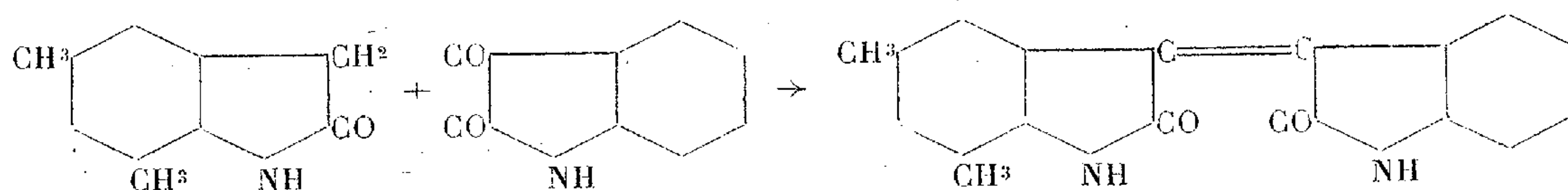
Dans la formation des isoindogénides, on observe souvent, comme produits accessoires, ceux qui résultent de la réunion de deux molécules d'oxindol avec une seule d'aldéhyde. C'est ainsi qu'on trouve à côté du dérivé benzylidénique normal, surtout si l'on opère avec un excès de diméthyl-oxindol, un autre produit cristallisé en aiguilles jaune d'or, fondant à 175°. Leur composition correspond à la formule



(*Analyse :* Trouvé pour 100 : N, 6,80. Calculé pour $C^{27}H^{26}O^2N^2$: N, 6,82.)

Le diméthyl-5.7-oxindol se condense avec l'isatine en milieu acétique,

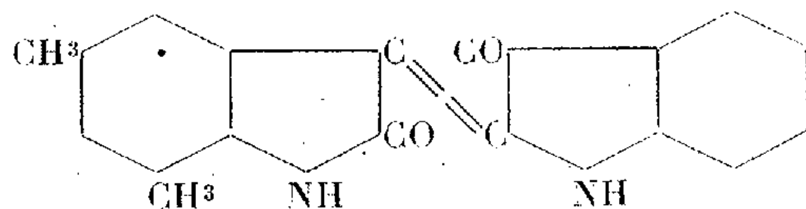
en présence d'acide chlorhydrique suivant la réaction



et fournit la *diméthyl-5.7-isoindigotine*. Elle forme des microcristaux rouge brun, se décomposant au-dessus de 360°. L'analyse élémentaire a donné des chiffres exacts correspondant avec cette formule. L'acide sulfurique à 100 pour 100 la transforme en acide sulfonique, que la grande solubilité de ses sels n'a pas permis d'isoler. Cet acide sulfonique teint la laine, en bain acide, en rouge foncé.

Si la condensation avec l'isatine est faite en milieu alcalin, par exemple au sein de l'éther, en présence de pipéridine, les deux molécules s'additionnent et fournissent la *diméthyl-5.7-isatane*, en cristaux blancs; le chauffage vers 185-190° provoque leur déshydratation avec formation de diméthyl-5.7-isoindigotine.

Si à la place de l'isatine on prend son chlorure et qu'on effectue la condensation dans le benzène anhydre, on obtient la *diméthyl-5.7-indirubine*, composé violet foncé, déjà décrit par Martinet ([1]). Sa constitution est



Cette diméthyl-5.7-indirubine donne une cuve jaune clair avec l'hydrosulfite, n'ayant que peu d'affinité pour le coton, mais teignant la laine en violet.

Enfin, si l'on fait réagir sur le diméthy-5.7-oxindol le nitrite d'isoamyle, on obtient la *diméthyl-5.7-isatoxime*, en cristaux jaunes, fondant à 223° en se décomposant. Les chiffres de l'analyse ont été corrects.

([1]) *Comptes rendus*, **169**, 1919, p. 184.

PHYSIQUE CRISTALLINE. — *Sur l'intensité de l'interaction orbitale dans les métaux.* Note [1] de M. **Robert Forrer**, transmise par M. Pierre Weiss.

L'existence d'un corps solide est conditionnée par un réseau électronique orbital. Le nombre des contacts N entre les orbites est lié aux points de fusion T par la loi $T = F\sqrt{N}$ [2] où le facteur F est une température de l'ordre de 300°. Ce que j'ai appelé contact est sans doute une interaction entre deux orbites. Le facteur F représente donc *l'intensité de cette interaction orbitale*. Sa connaissance est fondamentale pour une mécanique de l'électron dans le corps solide.

La constance relative du facteur F et sa valeur voisine de 300° ont été établies par l'étude des éléments de nombre atomique $Z > 20$. Pour déterminer la valeur de F des éléments légers, j'ai procédé de la manière suivante. Je constate la constance du nombre des contacts ($N = 1$) pour les alcalins K, Rb et Cs. En admettant aussi $N = 1$ pour Li et Na, je trouve les facteurs correspondants pour les nombres atomiques faibles (voir le Tableau I et la figure). La possession du facteur permet de calculer ensuite le nombre des contacts N pour les éléments Be (voisin de Li), Mg, Al (voisins de Na) et Ca (voisin de K). (Voir Tableau I).

Tableau I.

	N.	F.		N.	F.		N.	F.
Li.....	1	453°	Be.....	12	448°			
Na.....	1	371,0	Mg.....	6	378	Al.....	6	381°
K......	1	336,8	Ca.....	12	324			
Rb.....	1	312,0						
Cs.....	1	301,6						

Le facteur dépend donc du nombre atomique Z.

Dans les métaux lourds le facteur subit encore une influence d'une autre nature : les éléments Tl, Pb, Bi ont les facteurs 287, 301 et 315, caractérisés par la différence constante souvent rencontrée de 14°, différence que

[1] Séance du 30 novembre 1936.

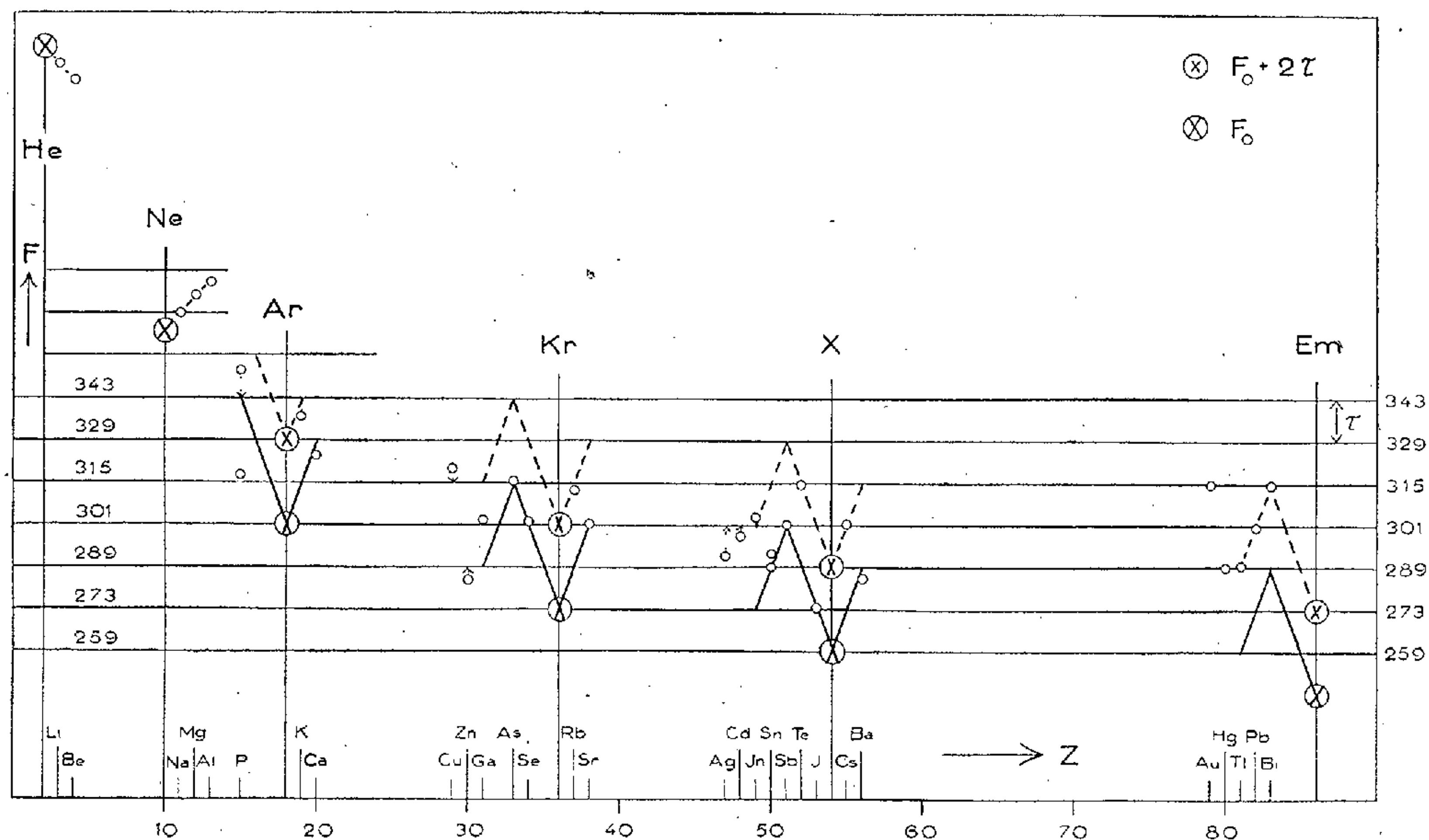
[2] R. Forrer, *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 868; *Ann. de Phys.*, **4**, 1935, p. 202 et **5**, 1936, p. 719.

j'appellerai unité τ. Or Tl, Pb et Bi ont 1, 2 et 3 électrons périphériques $6p$. Nous pouvons donc représenter F en fonction du nombre ε des électrons $6p$ par

$$F = F_0 + \varepsilon\tau \qquad (F_0 = 273^\circ).$$

J'appelle facteur d'origine le facteur F_0 pour $\varepsilon = 0$.

Les éléments Hg et Au construisent leurs réseaux électroniques avec 1 et 3 électrons qui doivent être à l'état $6p$. Leurs facteurs sont en effet égaux à ceux de Tl et Bi (voir figure). Pour le groupe des métaux Au — Bi



(groupe $6p$) le facteur d'origine F_0 est donc égal à 273°.

Dans le groupe $5p$ des éléments Ag — Ba la situation du facteur de l'iode (273) par rapport avec celui de Sb (301) apprend que dans le nombre ε de l'équation $F = F_0 + \varepsilon\tau$ n'intervient pas le nombre total des électrons p, mais seulement celui des électrons dont les spins ne se compensent pas ou en d'autres termes *celui des électrons solitaires*.

Le groupe $5p$ se divise en deux sous-groupes. Le premier (Cd, In, Te, Cs) a son facteur d'origine à 287°, le second (Ag, Sn, Sb, I, Ba) à 259°; les deux sont distants de deux unités τ.

D'une manière analogue nous trouvons pour le groupe $4p$ les deux facteurs d'origine 301 et 273, distants également de deux unités τ.

Dans les groupes des nombres quantiques 3, 2 et 1, les données sont trop

restreintes pour déterminer avec sûreté les facteurs d'origine. Ils sont probablement 301, 365 environ et 458 environ.

L'allure de décroissance régulière du facteur d'origine F_0 avec l'augmentation du nombre atomique Z invite à supposer que le facteur d'origine 273 trouvé dans le groupe Au-Bi provient de ce que le véritable facteur d'origine 245 a subi une augmentation de deux unités τ.

Dans le tableau suivant sont réunis les facteurs d'origine F_0 et les facteurs d'origine $F_0 + 2\tau$ pour les groupes de nombres quantiques Q de 1 à 6.

Tableau II.

Q.	F_0.	$F_0 + 2\tau$.
1	$\sim$ 458	-
2	$\sim$ 365	
3	301	329
4	273	301
5	259	287
6	(245)	273

GÉOLOGIE. — *Extension de la mer tertiaire dans les régions provençales et languedociennes.* Note de M. **A. Fenaux**, présentée par M. Henri Douvillé.

Les observations qui suivent sont relatives à l'extension de la mer tertiaire, principalement pendant les séries miocène et pliocène, et dans la région provençale plus particulièrement; elles ont pour base les mœurs de certains mollusques, et plus spécialement des pectinidés, mœurs qui certainement étaient les mêmes (pour les mêmes genres et espèces) dans les mers pliocène et miocène. En effet tous les grands pectinidés, et j'insiste sur le mot grands (car les petites espèces n'ont pas les mêmes mœurs), vivent uniquement dans les mers à grandes marées ou à marées importantes; je ne connais pas actuellement de pectinidés normaux de grande taille vivant dans les mers fermées ou à marées nulles. Dans celles-ci on ne trouve que des individus de tailles réduites et de formes beaucoup plus bombées (cette dernière particularité n'est pas absolue); c'est une observation générale qui à ma connaissance n'a pas été mise en défaut jusqu'à ce jour.

Partant de cette observation, si l'on veut bien considérer le tracé des artes géologiques de l'époque tertiaire, on constate que, à partir de la

série oligocène, la Méditerranée avait une superficie et une forme tout à fait différentes de celles d'aujourd'hui, mais qu'elle était déjà presque entièrement fermée : elle ne communiquait, d'après les cartes, avec l'Atlantique que par le détroit de Gibraltar; par la trouée Rhône et Suisse elle communiquait certainement avec les autres mers au travers de l'Europe centrale et de l'Asie. La mer helvétienne a laissé à nouveau des parties à découvert, pour isoler la Méditerranée, à peu de chose près dans sa forme actuelle, eu égard aux formations lagunaires des époques sarmatienne et plaisancienne, avec lesquelles elle pouvait avoir quelques petites communications : elle n'en était pas moins une mer uniquement intérieure.

Aussi une parenthèse est à ouvrir au sujet de ces formations lagunaires dont les contours sont mal définis, en particulier en ce qui concerne la région provençale. On estime généralement que la partie lagunaire plaisancienne (début du pliocène) était, pour cette région, la partie nord du golfe de Lion, une partie de la Provence et toute la vallée du Rhône.

Or l'étude des grands pectinidés dans tout le Midi, nous révèle qu'en passant par les Alpes Maritimes, les bords de l'étang de Berre, Miramas, pour sauter ensuite dans les départements du Vaucluse et de la Drôme, là où l'on trouve ces couches, nous devions avoir à cette époque des marées assez importantes, si l'on veut bien admettre les mœurs des grands pectinidés, vivant uniquement dans les mers à grandes marées.

Il faudrait en conclure que la mer helvétienne avait une communication beaucoup plus importante que celle qu'on lui attribue, par le détroit de Gibraltar et il est probable (les premières vérifications donnent force à cette hypothèse) qu'une communication importante devait exister du golfe de Gascogne avec la Méditerranée helvétienne, et il est prouvé que d'après l'étude des dépôts dans cet espace, les marées de l'Atlantique se faisaient encore sentir sur la partie nord de la Provence; il y aurait eu dans cette partie intermédiaire des courants très violents causés par les marées de l'Atlantique déferlant dans ce couloir relativement étroit.

D'ailleurs si l'on observe que dans la série oligocène, aux époques stampienne et aquitanienne, la mer stampienne atlantique, avec son régime lagunaire, s'étendait bien au delà de Montpellier et n'était séparée de la Méditerranée que par une superficie relativement petite (c'est du moins la thèse qui a été admise jusqu'à ce jour), il n'y a pas un gros effort à faire pour arriver à admettre qu'une ouverture permettant les influences des marées de l'Atlantique, existait à cet endroit; différentes observations permettent de justifier cette hypothèse, en particulier la présence de

couches sableuses importantes sans fossiles, qui dénotent des dépôts marins apportés par des courants violents.

Il est vraisemblable que cette période n'a pas dû durer longtemps, car les couches à grands pectinidés ne se retrouvent qu'à un seul niveau, à mon avis, la base de l'étage helvétien.

L'époque exacte à laquelle la fermeture de ce couloir a dû s'effectuer se placerait probablement vers la fin de la mer helvétienne et c'est à cette époque que le régime lagunaire du début de la période oligocène aurait commencé; c'est ainsi que les pectinidés de formes atténuées, tels que : *Pecten Davidis*, *P. rotundatus*, de la Mollasse de St-Paul, des Trois-Châteaux, *P. præscabriusculus*, *P. subbenidictus*, *P. restitutensis*, etc., apparaissent dans cette période lagunaire, se trouvent aussi bien dans le golfe lagunaire burdigaldien et helvétien (golfe de Gascogne aujourd'hui) que dans la formation lagunaire provençale de la fin de l'époque helvétienne et avant l'époque plaisancienne (ce qui correspondrait au régime lagunaire sarmatien admis par tout le monde).

Ces observations se trouvent renforcées :

1° par la présence dans la région provençale et la région des Alpes-Maritimes de *Pecten* (*æquipecten*) *biarritzensis*.

2° par l'évolution en Méditerranée de *P. jacobœus* qui avec ses nombreuses variétés, c'est la forme la plus répandue) a des tailles de dimensions très nettement inférieures; on ne trouve actuellement dans les rares exemplaires de grandes dimensions (recherchés pendant une période de 10 ans dans les habitats les plus favorables) que des individus gérontiques.

Si ces observations, qui semblent se confirmer, sont exactes, il y aurait lieu de modifier la carte géologique tertiaire depuis l'époque oligocène et même priabonnienne, ce qui revient à dire que la fermeture de la communication entre le golfe de Gascogne et la mer méditerranée éocène se situe bien après l'époque où l'on admettait la séparation de ces deux mers.

GÉOLOGIE. — *L'Éocène et les phosphates dans la vallée du fleuve Sénégal.* Note de M. **Fernand Jacquet**, présentée par M. Lucien Cayeux.

A la faveur de l'érosion du fleuve, les formations marines du Sénégal affleurent sous les grès continentaux à l'aval de Diaouara.

La vallée laisse en ce point les quartzites anciens du Boundou et s'ouvre

entre deux falaises basses et discontinues de terrains sédimentaires. Ses fonds sont colmatés par les alluvions récentes au travers desquelles le fleuve n'atteint plus que rarement les rives et les seuils rocheux qu'il attaquait dans sa jeunesse.

Ces affleurements du fleuve, dans leur ensemble, ont été attribués, par Chudeau en 1911 (¹) et par Hubert en 1920 (²), à un Éocène phosphaté mal défini.

En 1933 et en 1935, j'ai découvert des horizons marins à la base des falaises riveraines. Parmi les points fossilifères d'amont en aval, je signale rive droite : Ornoldé, Garly, Civet, Koundel, etc., et rive gauche : Dialabé, Semmé, Founiara, Kanel, etc. D'autres horizons s'observent encore, soit dans le lit du fleuve : Daoualel, Diouldé-Diabé, etc., soit dans les puits sous-alluvionnaires de la vallé : Mogo-Yalalbé, Thiarène, Cédo-Cébé, etc.

Rive droite, la partie marine de la falaise mauritanienne est formée d'une série calcaire phosphatée surmontée en discordance par une série argilo-gréseuse également phosphatée dans les niveaux inférieurs et passant progressivement vers le sommet à des grès continentaux friables.

La série des calcaires phosphatés plissés affleure à l'amont de Koundel avec des teneurs en phosphate tricalcique inférieures à 10 pour 100. Elle est coupée d'argiles schisteuses papyracées contenant quelques nodules phosphatés et de calcaires marneux compacts, fossilifères, où j'ai reconnu les genres *Turritella*, *Cardita*, *Cardium*, *Lucina*, *Tellina* et *Ostrea*.

La série supérieure, légèrement discordante, débute par des argiles où s'intercalent des grès siliceux massifs bien représentés à Garly. A l'aval de Civet, au-dessus de ces grès et dans les parties déjà pulvérulentes parce que plus riches en sables, il existe plusieurs couches phosphatées superposées d'une puissance totale de 1^m à 2^m avec des teneurs en phosphate tricalcique de 40 à 60 pour 100, pouvant atteindre 75 pour 100. Les argiles intermédiaires et celles du toit des horizons phosphatés (Ornoldé, Garly, Civet, etc.) contiennent de nombreuses *Ostrea multicostata*.

Rive gauche, dans la même série argilo-gréseuse, j'ai pu reconnaître à Dialabé et surtout à Semmé : *Cassidaria diadema* et *Ostrea multicostata*. Cette dernière espèce se retrouve dans un niveau de Kanel, sur les couches

(¹) *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 4ᵉ série, **11**, 1911, p. 419.

(²) *Notice Carte géol. A. O. F.* 1/1000000ᵉ, feuille V (Dakar), 1920, p. 12, Paris, 1920.

phosphatées de Founiara (16^m de profondeur), et sous des calcaires riches en *Schizaster Douvillei*, *Cardita Baoli* et *Cardita sererina*.

Dans le lit du fleuve, Chudeau a signalé le premier les calcaires phosphatés de Daoualel et ceux de Diouldé-Diabé. Ils paraissent appartenir à des horizons voisins de ceux de Koundel. Leurs teneurs en phosphate tricalcique sont de l'ordre de 25 pour 100. L'abondance exceptionnelle, dans les nodules phosphatés, de diatomées marines, tout comme dans les phosphates de Gafsa, permet à L. Cayeux (1) de croire à la présence de l'Éocène inférieur.

La ressemblance de ces formations avec certains niveaux phosphatés du Cap Vert que j'ai attribués récemment (2) à l'Éocène inférieur du Sénégal confirme cette opinion.

Rive gauche, à l'Ouest de Koundel, le puits de Cédo-Cébé atteint, sous les niveaux à *Pycnodonta rarilamella*, à *Ostrea multicostata* et les couches à Turritelles, un horizon à *Cardita Beaumonti* qui, d'après les études de H. Douvillé (3), me paraît attribuable au Crétacé supérieur. Ce même horizon existe à Mogo-Yalalbé au-dessus d'un niveau calcaire à nodules phosphatés. De plus, dans ce dernier puits et dans celui de Thiarène, un peu à l'Ouest, la série calcaire contient dans sa partie supérieure les couches à *Nummulites Heeri* qui sont situées sous *N. gizehensis* dans l'Éocène moyen du Sénégal.

En résumé, dans la vallée du fleuve, sous les couches lutétiennes à *N. Heeri*, existe une importante série avec quelques couches de phosphates susceptibles d'un intérêt économique local.

L'ensemble de cette série s'ennoie vers l'Ouest et les horizons phosphatés parfois sableux sur la rive mauritanienne passent latéralement, par l'intermédiaire des calcaires noduleux de la rive gauche, à des faciès marins plus profonds et stériles.

La partie supérieure des couches phosphatées, discordante sur la base, appartiendrait avec *Schizaster Douvillei* à l'Éocène inférieur du Sénégal, tandis que la partie inférieure plissée, encore éocène dans le haut, descendrait avec *Cardita Beaumonti* jusqu'au Crétacé supérieur.

---

(1) *Comptes rendus*, **141**, 1910, p. 108.

(2) *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 335.

(3) *Paleontologia Indica*, 1928-29, New séries, **10**, Mém. n° 3, fasc. I-II, 73 p., 11 pl.

MÉTÉOROLOGIE. — *Évolution des pluies en Algérie depuis la colonisation française*. Note de M. **Paul Queney**, présentée par M. Charles Maurain.

L'examen des moyennes quinquennales des hauteurs de pluie par saison et pour l'année entière permet de se rendre compte de l'évolution générale de la pluviométrie en Algérie depuis la colonisation française, bien que les séries de mesures suffisamment longues et bien faites soient peu nombreuses.

Il semble qu'on peut admettre les résultats suivants :

1° une décroissance générale des pluies de printemps et une augmentation des pluies d'automne, tandis que les pluies d'hiver ont peu varié; dans les hauteurs annuelles on ne distingue pas de variation bien nette;

2° vers 1888 il s'est présenté à peu près partout un maximum dans les pluies de printemps et d'hiver, se retrouvant dans les hauteurs annuelles;

3° après 1898, au contraire, c'est dans les pluies d'automne que l'on trouve des maxima, se retrouvant également dans les hauteurs annuelles; ces maxima ont eu lieu vers 1903, 1918 et 1928;

4° enfin, un minimum a lieu vers 1898 dans les pluies d'automne et d'hiver, ainsi que dans les hauteurs annuelles; un autre s'est produit vers 1913 dans les pluies d'automne.

Il semble donc qu'il y ait eu un changement général du régime pluviométrique algérien vers 1898, les pluies de printemps jouant le rôle prépondérant avant cette date, tandis qu'ensuite ce sont les pluies d'automne qui ont joué ce rôle. L'importance d'un tel changement au point de vue agricole est certainement très grande.

ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE. — *Anomalies ionosphériques à début brusque*. Note de MM. **Robert Bureau** et **J. Maire**, présentée par M. Charles Maurain.

Une enquête entreprise sur l'initiative de M. Jouaust par le Comité français de Radiotélégraphie scientifique nous a amenés à confronter nos observations relatives à deux phénomènes radioélectriques remarquables concernant, l'un certains évanouissements des ondes courtes, l'autre des

anomalies révélées par les enregistrements de parasites atmosphériques sur ondes longues ([1]).

Ces évanouissements des ondes courtes sont marqués par un début brutal; ils réduisent au silence, en quelques secondes, les récepteurs affectés aux liaisons transcontinentales sur toute la gamme du trafic (15 à 45^m). Les signaux réapparaissent quelques minutes plus tard et reprennent peu à peu l'intensité normale. (Durée totale variant de 10 minutes à 1 heure.)

Les anomalies des courbes d'atmosphériques ont été observées pour des ondes comprises entre 7500 à 11000^m.

Elles n'affectent que rarement l'onde de 25000^m. Elles débutent par un renforcement brutal (l'ordonnée se trouve subitement multipliée plusieurs fois par elle-même) suivie d'une descente progressive dont la durée varie en général de 30 à 80 minutes. L'anomalie est si vigoureuse qu'elle ferait soupçonner l'enregistreur d'inexactitude, si l'on ne la constatait au même moment sur les enregistrements de localités aussi éloignées que Paris, Tunis et Rabat. Comme d'autre part elle renforce simultanément les flux d'atmosphériques provenant de directions différentes, il est difficile de ne pas l'attribuer à une modification de l'ionosphère affectant de vastes étendues.

La comparaison des dates et des heures des deux phénomènes, résumée pour les onze premiers mois de 1936 dans le tableau ci-joint, est d'une netteté surprenante. Évanouissement des ondes courtes et renforcement brutal des atmosphériques sur ondes très longues ne sont donc que les différents aspects d'un même événement dont l'ionosphère est le siège. Ils donnent un exemple assez rare de l'enregistrement simultané du même phénomène dans les deux extrémités du spectre radioélectrique.

Ces anomalies ne se constatent que pendant le jour. Leur fréquence varie beaucoup d'une année à l'autre. Elle semble avoir augmenté rapidement depuis 3 ou 4 ans. Par contre, aucune périodicité simple des événements individuels n'apparaît dans le tableau ci-joint.

Quelle est la cause initiale des modifications de l'ionosphère qui les provoquent?

([1]) R. Bureau, *Électricité atmosphérique et parasites atmosphériques* (Communication faite à l'Association Internationale de Magnétisme et Électricité terrestre, Assemblée d'Édimbourg, septembre 1936, document n° 44); J. Maire, *Évanouissements de forme particulière observés sur ondes courtes* (Note du 13 octobre 1936 au Comité français de Radiotélégraphie scientifique).

Des raisons puissantes, comme la brutalité du début et la disparition progressive, militent en faveur d'une *augmentation* provisoire de l'ionisation due au rayonnement ultraviolet (l'anomalie ne se manifeste que le jour). Toutefois cette explication laisse subsister des difficultés, en particulier en ce qui concerne les courbes d'atmosphériques.

L'étude d'un phénomène si caractérisé mérite d'être poursuivie et l'on peut en attendre quelques indications nouvelles non seulement sur la propagation des ondes courtes et longues, mais encore sur certains phénomènes géophysiques et astrophysiques.

Tableau (dates et heures) *des anomalies observées sur ondes courtes* (évanouissements) *et sur ondes longues* (atmosphériques) *du* 1er *janvier au* 30 *novembre* 1936.

Dates.	Atmosphériques.	Évanouissements.	Dates.	Atmosphériques.	Évanouissements.
23 janvier	1200	–	9 juin.......	1425	1425
6 février	1520	–	11 »	0620	0625
7 »	1525	1525	11 »	1225	1230
8 »	1325	–	17 »	(0718)	0720
14 »	(5900)	–	19 »	0905	0910
14 »	1247	–	25 »	(1025)	1045
14 »	1526	1518	1er juillet....	Néant	1342
15 »	(1022)	–	15 »	»	0505
15 »	1546	–	15 »	0938	–
16 »	(0925)	–	15 »	1140	–
16 »	1545	1545	15 »	1220	–
17 »	1100	–	15 »	1328	1330
29 »	1315	–	16 »	1145	–
18 mars......	1315	–	17 »	–	1200
23 »	1545	–	30 »	1332	1340
31 »	0920	–	25 août	(1831)	1830
1er avril.....	–	0938	28 »	0923	0930
6 »	1357	1330	5 septembre.	0859	0905
8 »	1650	1650	5 » .	(1600)	–
9 »	(1310)	–	9 octobre....	1417	1435
14 »	1140	–	21 »	1535	–
25 »	1658	–	6 novembre..	1612	–
15 mai.......	–	0600	7 » ..	1451	–
25 »	1228	1232	8 » ..	1007	–
26 »	1128	1131	16 » ..	1450	–
28 »	0726	0728	24 » ..	–	1915
28 »	1400	1405	26 » ..	0857	0901
28 »	1758	1800	26 » ..	1233	–
29 »	1015	1023	26 » ..	–	1755
3 juin.......	1635	1635	27 » ..	1617	–
4 »	1152	1154	27 » ..	1658	1656
9 »	0637	–	28 » ..	1507	1510

Les anomalies des atmosphériques ont été observées au moins sur deux

des enregistrements suivants : Saint-Cyr (11 000^m); Mont-Valérien (11 000^m); Tunis (9500^m); Rabat (10 000^m); Rabat (7500^m). Les heures d'anomalies peu marquées sont entre parenthèses, celles d'anomalies très vigoureuses sont en chiffres gras.

Les évanouissements ont été observés, soit simultanément, soit indépendamment, sur les grands circuits transcontinentaux (France-Amérique du Nord; France-Amérique du Sud; France-Extrême Orient).

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur l'inversion du géotropisme du pédoncule du carpophore des Marchantiées.* Note (¹) de M. **Robert Douin**, présentée par M. Marin Molliard.

Dans une Note (²) consacrée à l'interaction de la lumière et de la pesanteur sur l'orientation des thalles pédonculaires et capitulaires des Marchantiées, j'ai montré que les thalles pédonculaires étaient particulièrement sensibles à l'action de la pesanteur et qu'il était possible d'inverser le sens de leur géotropisme, normalement négatif, en éclairant des Marchantiées en position renversée, capitules pendants. Ces résultats acquis, je me suis proposé de déterminer la valeur de l'éclairement minimum nécessaire pour provoquer cette inversion du géotropisme.

Dispositif expérimental. — Des thalles, adhérents à leur substratum et porteurs de carpophores bien développés, mais non encore arrivés à complète maturité, étaient attachés sur un disque de verre garni d'une couche d'ouate mouillée formant réserve d'eau; le disque était ensuite retourné et suspendu à l'intérieur d'une cloche à douille enveloppée de papier noir. Quatre appareils semblables étaient disposés en carré l'un à côté de l'autre sur deux plaques de verre portées par un bâti et éclairées au moyen de lampes à incandescence placées en dessous et distantes de 1^m,50. Les plantes se trouvaient soumises avec la même source à quatre éclairements différents par suite de l'interposition entre les deux plaques de verre, au-dessous de trois des cloches, d'écrans respectivement formés par une, deux, trois feuilles de papier blanc très mince. Un appareil témoin identique était mis à l'obscurité.

Les expériences ont été faites aux éclairements suivants :

(¹) Séance du 30 novembre 1936.

(²) Douin Robert, *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 154.

Sources lumineuses	40 watts.	100 watts.	160 watts.
Éclairement I	2 lux	6 lux	9,5 lux
» II	3 »	11 »	14 »
» III	5,5 »	18,5 »	23,5 »
» IV	9,5 »	31,5 »	40 »

D'autre part, suivant les recherches de A. H. Blaauw [1], l'action phototropique étant déterminée par les radiations très réfrangibles avec un maximum vers 4650 Å, il y avait lieu d'étudier les radiations transmises à travers les écrans. Des mesures ont été faites avec le photocolorimètre Toussaint en disposant les écrans contre la fenêtre sur laquelle est concentrée la lumière et devant laquelle coulisse la réglette portant les filtres colorés. Prenant pour 100 l'intensité des radiations de l'éclairement direct il a été trouvé pour le bleu et le violet :

	Éclairement		
	I.	II.	III.
Bleu	18,6	37,9	64,5
Violet	22	42,8	67,9

Expériences sur le *Reboulia hemisphærica*. — Trois séries d'expériences d'une durée de 4 jours chacune (d'après des expériences préliminaires à l'obscurité, cette durée était suffisante pour obtenir une courbure géotropique des pédoncules) ont été effectuées en lumière continue avec les trois sources mentionnées.

Expériences sur le *Marchantia polymorpha*. — Toutes ces expériences ont été faites avec la source lumineuse de 160 watts et dans les mêmes conditions que les précédentes. A l'éclairement I les pédoncules s'étaient recourbés, mais les courbures étaient moins accentuées que sur le témoin. Aux éclairements II, III et IV, les pédoncules ne présentaient aucune réaction géotropique.

Conclusions. — En envisageant dans leur ensemble les résultats obtenus, le seuil d'éclairement nécessaire pour annihiler l'action de la pesanteur est compris entre des limites assez étroites pour une même Marchantiée. Il est situé pour le *Reboulia hemisphærica* entre 18,5 et 23,5 lux, pour le *Marchantia polymorpha* entre 9,5 et 14 lux.

La faible valeur de ce seuil nous apporte une explication du fait que

(1) *Die Perzeption des Lichtes* (*Rec. Trav. Bot. Neerl.*, 5, 1909, p. 133).

dans la nature c'est toujours la lumière, et non la pesanteur, qui détermine l'orientation des carpophores, même dans les anfractuosités de rochers faiblement éclairées.

Le fait qu'un éclairement moindre que celui nécessité par le *Reboulia* suffit au *Marchantia* pour que soit éliminée l'action de la pesanteur nous révèle l'existence d'une sensibilité spécifique.

Les quelques exceptions constatées au cours des expériences dans la réaction des pédoncules à la pesanteur paraissent indiquer l'existence de légères différences individuelles de sensibilité qui m'ont semblé (un contrôle s'impose) être en rapport avec l'état du développement.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Inulogenèse artificielle chez les composées.* Note de M. **Henri Colin**, présentée par M. Marin Molliard.

La plupart des plantes de la famille des Composées renferment de l'inuline, un petit nombre seulement en sont dépourvues, toutes annuelles sous notre climat, les unes herbacées comme *Senecio vulgaris*, les autres de grande taille et fortement lignifiées en fin de saison comme *Helianthus annuus*, *Artemisia annua*.

Il s'en faut que, dans les espèces à inuline, le fructoside se répande dans toutes les régions de la plante; il est confiné le plus souvent dans les appareils pérennants ou les parties charnues. On ne le rencontre qu'exceptionnellement dans les feuilles, dans la rosette persistante de *Bellis perennis* par exemple. Dans les tiges, il fait ordinairement défaut ou n'apparaît que tardivement, vers la partie inférieure; si les tiges de Topinambour en contiennent passablement à l'automne, celles de Dahlia n'en ont pour ainsi dire pas, sinon au voisinage du collet.

C'est à ces dernières surtout que je me suis adressé pour y provoquer artificiellement la formation d'inuline. Tout ce qui tend à réfréner l'exubérance de la végétation, pincement de la tige principale et des rameaux, suppression des bourgeons floraux, insolation, réduction de la fumure azotée, favorise la condensation des sucres à la base de la tige, mais pour l'observer sur un point donné, le plus loin possible du sol, il faut recourir à divers procédés, à l'autogreffage par exemple, ou à la décortication annulaire; l'inuline peut être décelée au-dessus de l'anneau dénudé ou du bourrelet de la greffe.

Le marcottage est bien plus facile et donne de meilleurs résultats. Parmi

les Composées sur lesquelles nous l'avons expérimenté, le Topinambour s'y prête pour le mieux, alors même qu'on s'y prend assez tard, fin juillet, la lignification étant déjà prononcée. Sur toute la longueur du segment enseveli, il se forme, en grand nombre, des racines ainsi que des bourgeons; ceux-ci s'allongent en cordons qui se renflent en tubercules. La tige de Dahlia ne présente rien de tel, elle ne s'enracine ni ne bourgeonne, mais i s'y fait bientôt de l'inuline. Les chiffres ci-dessous se rapportent à l'un des cas les plus défavorables. Il s'agit d'un plant exubérant de Dahlia, en terrain riche et ombragé. Une tige de 2^m, très ramifiée et prête à fleurir, a été enterrée, en juillet, à 1^m du pied, sur 30^{cm} de longueur. Les analyses, un peu tardives (mi-novembre), ont porté sur la partie recouverte et sur celles qui lui font suite de part et d'autre (T, R, S, I, sucre total, réducteur libre, saccharose, inuline, le tout en interverti, pour 100 du frais; $[\alpha_1]_D$, $[\alpha_2]_D$, pouvoirs rotatoires du stock glucidique, avant et après hydrolyse) :

	$[\alpha_1]_D$.	T.	R.	S.	I.	$[\alpha_2]_D$.
Partie supérieure	— 4	0,48	0,18	0,15	0,15	—40
Partie enterrée	—17	1,40	0,14	0,26	1,00	—67
Partie inférieure	+ 2	0,22	0,08	0,08	0,06	—35

La présence de l'inuline dans le segment enterré ne fait aucun doute; on remarquera la différence de composition glucidique en amont et en aval.

On peut, d'autre part, en buttant un plant de Dahlia, au fur et à mesure que la tige s'allonge, exhausser autant qu'on le veut la région à inuline, sans que la partie recouverte s'enracine ou bourgeonne pour autant, contrairement à ce qui se produit sur le Topinambour. Un segment prélevé à 50^{cm} du pied et soumis à l'analyse a donné :

$[\alpha_1]_D$.	T.	R.	S.	I.	$[\alpha_2]_D$.
—10	2,81	0,15	0,47	2,19	—62

Est-il impossible d'obtenir des résultats analogues sur les espèces de Composées normalement dépourvues d'inuline? La question se pose infailliblement après ce qui vient d'être dit.

Je n'y ai réussi jusqu'alors que dans un cas; *Artemisia annua* entée en juin sur *Artemisia Absinthium* était, en octobre, remplie d'inuline, alors qu'à l'état autonome, beaucoup plus grande et déjà bien desséchée, elle n'en avait pas trace. Ci-après une analyse sur deux segments de 20^{cm} de part et d'autre du bourrelet de la greffe et sur la racine principale d'*Artemisia annua* :

	$[\alpha_1]_D$.	T.	R.	S.	I.	$[\alpha_2]_D$.
Greffon *A. annua*......	−18	2,42	0,19	0,51	1,72	−65
Sujet *A. Absinthium*...	−16	2,29	0,17	0,47	1,65	−61
A. annua autonome....	+30	0,25	0,12	0,13	0	−10

Il faut prendre garde d'attribuer à une incompatibilité foncière ce qui peut être le fait d'un état physiologique, susceptible d'être modifié plus ou moins. Ajoutons que le caractère *annuel* est trop aléatoire dans bien des cas pour être tenu comme un indice certain de l'absence d'inuline,

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *La nutrition glucidique de la corolle.* Note de M. **Raoul Combes**, présentée par M. Marin Molliard.

J'ai antérieurement étudié la nutrition minérale et la nutrition azotée de la corolle chez le *Lilium croceum* [1]; la présente Note résume les résultats obtenus dans l'étude de la nutrition glucidique de cette partie de la fleur chez la même espèce. Les stades étudiés sont ceux auxquels avaient été effectuées les déterminations relatives aux matières minérales et aux matières azotées. Chaque série de dosages a porté sur dix corolles. Les glucides solubles ont été extraits par épuisement au moyen de l'alcool des organes tués par l'alcool bouillant au moment de la récolte. Les sucres réducteurs ont été dosés par la méthode de G. Bertrand et sont exprimés en glucose; les holosides hydrolysables par l'invertine ont été dosés après action de cette diastase et sont exprimés en saccharose; les hétérosides hydrolysables par l'émulsine ont été dosés après action de cette dernière diastase et sont exprimés en quantités de glucose formé au cours de l'hydrolyse. Les résultats, indiqués en grammes, ont servi à construire les courbes ci-contre; les unes (*fig.* 1) traduisent les variations des quantités de glucides solubles contenues dans un nombre constant de corolles (10), et rendent compte par conséquent du mouvement réel de ces substances, des gains et des pertes subis par les corolles au cours de leur développement; les autres (*fig.* 2) montrent les variations de la concentration des tissus en glucides solubles. Les temps sont exprimés en nombre de jours écoulés depuis le premier stade étudié (très jeune bouton de $2^{cm},5$ de lon-

(1) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 578 et 1970.

gueur). L'épanouissement des fleurs a eu lieu entre le 10e et 13e jour. L'examen de ces courbes conduit aux constatations suivantes :

Pendant tout le temps de sa croissance, et jusqu'au moment de l'épanouissement, la corolle ne cesse de recevoir des glucides solubles sous leurs trois formes (*fig.* 1); le transport de ces substances vers les pétales, relativement lent dans le jeune bouton, devient brusquement très rapide quelques jours avant l'épanouissement. Aussitôt que la fleur est épanouie, comme pour les matières minérales et les matières azotées, le sens des phé-

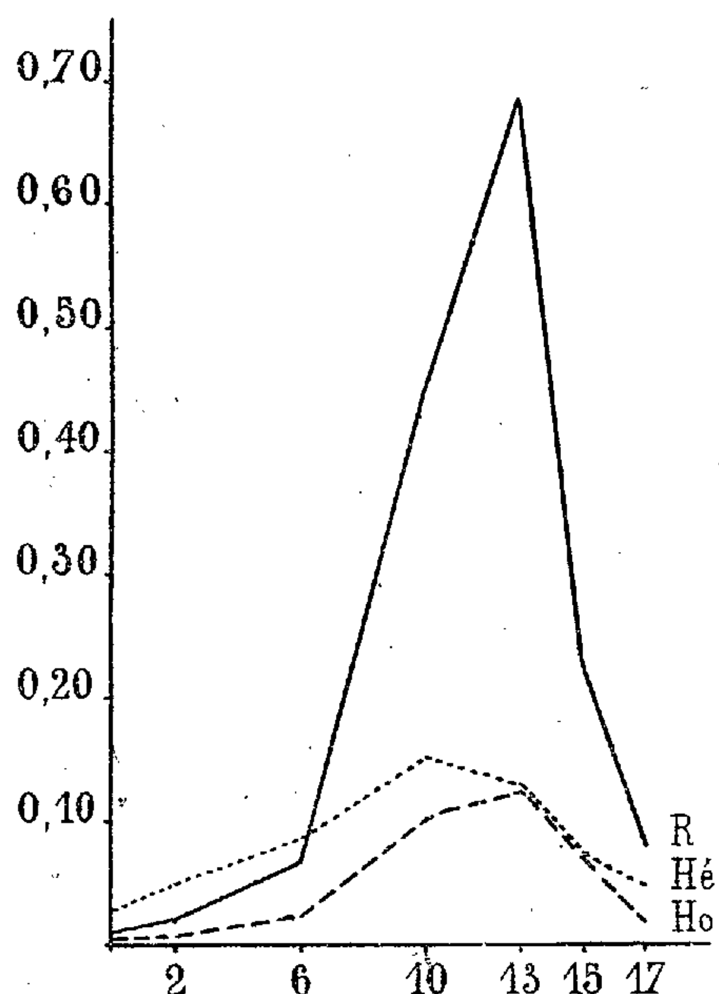


Fig. 1.

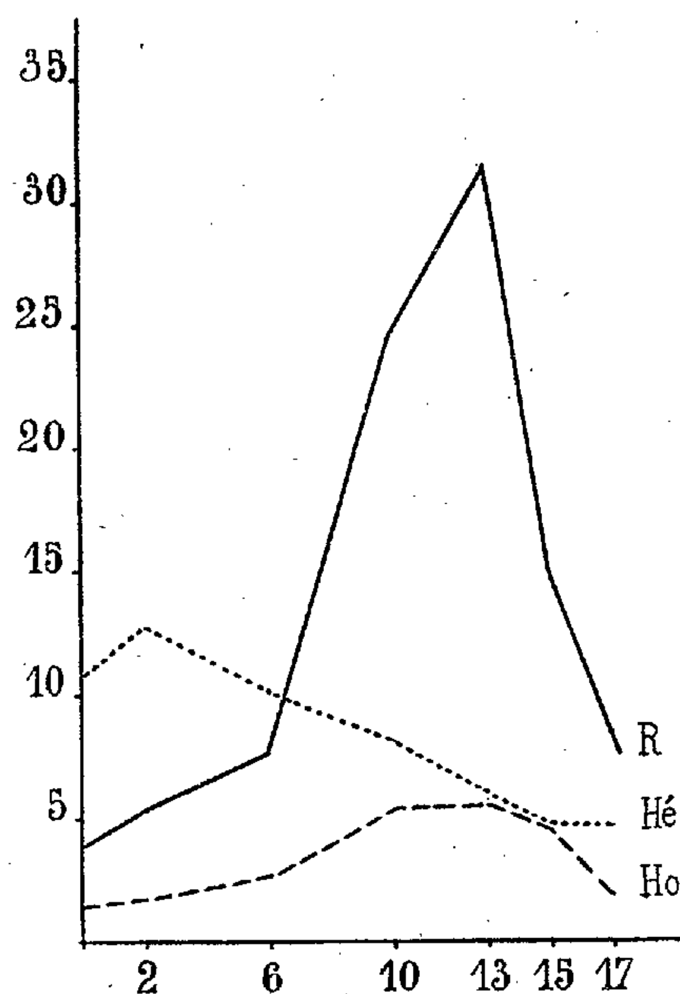


Fig. 2.

Fig. 1. — Courbes de variations des quantités de glucides solubles contenus dans 10 corolles R, sucres réducteurs; Ho, holosides; Hé, hétérosides.

Fig. 2. — Courbes de variations des quantités de glucides solubles contenus dans 100g de substance sèche de corolles.

nomènes de migration des glucides est immédiatement inversé; les sucres réducteurs, les holosides et les hétérosides abandonnent les tissus des pétales plus rapidement encore qu'ils n'y étaient arrivés; en quatre jours 88 pour 100 des sucres réducteurs, 84 pour 100 des holosides et 67,7 pour 100 des hétérosides disparaissent des pétales soit par migration soit par combustion respiratoire.

L'examen des variations de la richesse des tissus en glucides solubles (*fig.* 2) permet d'autres déductions : les quantités de glucides solubles qui

émigrent de la tige feuillée vers la corolle au cours de la croissance des pétales ne sont pas proportionnelles à l'augmentation de poids de ces organes; il se produit dans la corolle une accumulation considérable de sucres réducteurs, une accumulation moindre mais encore sensible d'holosides, tandis que la teneur des tissus en hétérosides commence à diminuer bien avant l'épanouissement. Grâce surtout à l'afflux des sucres réducteurs la matière sèche des pétales se trouve contenir après l'épanouissement environ la moitié de son poids de glucides solubles.

Ce qu'il y a surtout lieu de retenir de cet ensemble de faits, c'est la rapidité des phénomènes de migration soit vers la corolle, soit en sens inverse, d'où résultent des variations considérables dans les concentrations de substances et vraisemblablement des variations parallèles de la pression osmotique, la brusquerie avec laquelle les migrations changent de sens après l'épanouissement, le taux élevé auquel atteignent les sucres réducteurs, la présence dans les pétales de *Lilium croceum* d'un hétéroside hydrolysable par l'émulsine, la richesse des tissus de ces organes en hétéroside, enfin le fait que l'hétéroside disparaît des fleurs en proportion élevée en quelques jours.

MYCOLOGIE. — *Sur la sexualité des Basidiomycètes.* Note (1) de M. **René Vandendries**, présentée par M. Alexandre Guilliermond.

En automne 1935, nous avons eu l'occasion de mettre en culture un nombreux matériel mycologique récolté dans les forêts et les pelouses de la banlieue parisienne. Ce matériel a été déterminé par M. Robert Kühner.

Furent d'abord soumises à l'épreuve de la germination 100 sporées d'espèces appartenant aux groupes les plus divers des Basidiomycètes. Une douzaine d'espèces ont donné des spores germant en quantité suffisante pour permettre l'analyse sexuelle.

Nous condensons dans cette Note les résultats obtenus.

Sont *bipolaires, avec anses d'anastomose*, les espèces suivantes tétrasporiques : *Marasmius cohærens* Pers., *Clitocybe cyathiformis* B., *Naucoria pediades* Fr.

---

(1) Séance du 30 novembre 1936.

Sont *tétrapolaires, avec anses d'anastomose* : *Mycena rubromarginata* Fr., *Clitocybe gallinacea* Scop., *Psathyra pennata*.

L'espèce (Galera) *Conocybe tenera* Fr. et Sch., *forma semiglobata* Kühner, à basides tétrasporiques, est *dioïque avec anses d'anastomose*.

Le champignon a été rebelle à une analyse complète du fait que les cultures monosporiques s'épuisent à la production d'oïdies et refusent de se conjuguer dans un grand nombre de cultures mixtes.

Les espèces bisporiques *Octojuga pleurotelloides* Kühner et *Octojuga pseudo-pinsitus* Kühner sont *monoïques, sans anses d'anastomose*. En germant isolée la spore binucléée donne un symplaste dont les noyaux se multiplient sans être ordonnés en couples, puis des cloisons plus ou moins tardives séparent des cellules binucléées dont les noyaux subissent ensuite des mitoses conjuguées, sans intervention d'anses d'anastomose. Un grand nombre de cultures monosporiques ont parcouru le cycle complet jusqu'à la formation de carpophores normaux et de spores binucléées de deuxième génération capables de germer. (Galera) *Conocybe pubescens* Gillet. Il en existe deux formes, l'une à basides *bisporiques*, l'autre à basides *tétrasporiques*, étudiées l'une et l'autre.

La forme bisporique donne des spores renfermant au minimum et généralement *deux noyaux*. La spore produit un symplaste dont les noyaux se divisent par mitoses simples, indépendamment les uns des autres. Des cloisons séparent ensuite des cellules, les unes bi-, les autres uninucléées. Les cellules terminales de la plupart des hyphes sont uninucléées. La présence de deux noyaux dans la spore n'a donc pas comme conséquence immédiate de garantir la présence de deux sexes dans la descendance cellulaire. A partir de la spore où l'existence de deux sexes semble réalisée par les deux noyaux issus de la caryogamie basidiale, l'organisme évolue vers une phase *haploïde*, *uninucléée*. La phase *diploïde* réapparaît plus tard, caractérisée par des dicaryons et des mitoses conjuguées sous le régime des anses d'anastomose.

Le passage de la phase uninucléée à la phase binucléée n'a pu être observé jusqu'ici. Les premiers dicaryons proviennent-ils d'une simple mitose d'un élément uninucléé, ou bien y a-t-il conjugaison entre deux cellules uninucléées dont les noyaux auraient, de par leur origine, des tendances sexuelles opposées ? Nous espérons pouvoir résoudre la question. Si la première hypothèse se vérifie, il faudrait en conclure que les descendants d'un même noyau subissent durant l'évolution de l'organisme, une différenciation sexuelle qui les rend aptes à figurer comme conjoints de

sexe opposé, dans la caryogamie basidiale. Mais alors l'interprétation du rôle joué par les anses d'anastomose, au moins dans les premières cinèses conjuguées, n'est plus applicable en l'espèce et il en résulterait que la caryogamie et les cinèses qui lui succèdent dans la baside, seraient les seuls phénomènes qui pourraient être considérés comme sexuels.

Dans la seconde hypothèse, il paraît étrange de voir un organisme possédant *les deux sexes* requis pour son évolution complète, perdre son caractère binucléé et après avoir parcouru une phase uniclééе, haploïde et unisexuée, revenir par une conjugaison à un stade dicaryotique, qui prélude à la caryogamie finale de la baside.

La forme tétrasporique de la même espèce donne des spores à *un noyau*. En germant chaque spore produit un symplaste à noyaux moins nombreux que ceux de la forme bisporique. Bientôt des cloisons séparent des éléments cellulaires uninucléés et la culture tout entière en reste à ce stade.

Le croisement des haplontes prouve que la forme tétrasporique est *tétrapolaire*.

Nous concluons de ces faits que dans une même espèce la forme bisporique évolue comme un organisme *monoïque* dont la phase diploïde est soumise au régime des *cinèses conjuguées avec anses d'anastomose*, que la forme *tétrasporique* donne une descendance indéfiniment *haploïde*, répartie entre *quatre polarités sexuelles*. La phase diploïde, elle aussi régie par des *mitoses conjuguées à anses d'anastomose*, n'apparaît qu'après conjugaison des haplontes respectivement porteurs de facteurs sexuels allélomorphes, conformément aux lois de la tétrapolarité. Pareil cas n'était pas encore connu dans l'histoire compliquée de la sexualité des Basidiomycètes.

L'espèce *Collybia tenacella* Pers. porte des basides à quatre spores uninucléées, qui donnent naissance à des végétations haploïdes formées de cellules uninucléées. La confrontation de ces haplontes, deux par deux, engendre dans certains cas des mycéliums binucléés, dont les éléments se multiplient par des mitoses conjuguées, *sans le concours d'anses d'anastomose*. L'analyse des cultures mixtes exigeant pour chaque cas en particulier, le contrôle cytologique, très ardu, des éléments cellulaires, nous avons renoncé à la détermination de la polarité.

MYCOLOGIE. — *Sur la réaction à l'iode des parois des hyphes du carpophore des* Mycena. Note de M. **Robert Kühner**, présentée par M. Alexandre Guilliermond.

Des recherches personnelles sur les Marasmius ([1]) nous ont montré que la réaction des parois des hyphes du carpophore à l'iode, peut être utilisée avantageusement pour distinguer ou pour grouper les espèces de ce genre d'Agaricales, dont les représentants ont en général des spores non amyloïdes. Nous résumons aujourd'hui les résultats de travaux entrepris dans le même sens, mais sur le genre *Mycena*, pour lequel nous n'avions jusqu'ici étudié l'action de l'iode que sur la paroi sporique ([2]).

Comme pour les Marasmes, nous avons remarqué que les parois des hyphes amyloïdes ne se colorent pas en gris bleu par le réactif iodoioduré (en solution aqueuse saturée de chloral), comme les parois des spores amyloïdes, mais en rougeâtre vineux ou violacé. Chez *Mycena galericulata* Scop., nous avons pu constater que la réaction amyloïde présente son maximum d'intensité au niveau de la fine *lamelle moyenne* qui cimente les hyphes les unes aux autres, notamment dans le stipe (comme chez les Marasmes); la minceur des parois des hyphes des autres espèces du genre ne permet pas dans la plupart des cas d'y distinguer différentes couches.

L'existence d'espèces à hyphes amyloïdes dans les deux genres *Marasmius* et *Mycena*, doit être considérée comme un argument important en faveur du rapprochement de ces deux coupures, rapprochement que suggéraient déjà les recherches anatomiques (présence de cellules en brosse dans les revêtements) et cytologiques (existence fréquente de trois divisions successives du noyau de fusion de la baside).

Lorsque l'on veut appliquer à la systématique les résultats des recherches entreprises, il est indispensable d'étudier les hyphes profondes du carpophore (stipe, chapeau ou lames), les éléments des revêtements n'étant que rarement amyloïdes de façon distincte, sauf lorsque leurs parois sont très épaissies, ce qui est le cas pour les cystides des lamelles du *M. Font Queri*

([1]) *Le Botaniste*, série 25, 1933, p. 57-114; *Annales Soc. linnéenne*, Lyon, 79, 1935-1936, p. 99-120.

([2]) *Bulletin Soc. linnéenne*, Lyon, 10e année, 1931, p. 122-127; *Bull. Soc. mycologique de France*, 50, 1934, p. 19-20 (en collaboration avec M. R. Maire).

R. Maire, et pour les dermatocystides du *M. codoniceps* Cooke, que le chloral iodé colore en brunâtre rosé.

Dans les limites du genre *Mycena*, les espèces à spores amyloïdes, sont très généralement des espèces à hyphes amyloïdes. Comme d'autres caractères, d'ordre morphologique et anatomique, sont liés à cette réaction, nous proposons de subdiviser le genre en deux sous-genres : *Eu-Mycena*, comprenant les espèces à spores et à hyphes amyloïdes et *Para-Mycena*, renfermant celles dont les spores ne bleuissent pas par l'iode.

Les *M. atromargenata* Lasch, *capillaris* Fr., *clavicularis* Fr., *dissilieus* Fr., *fagetorum* Fr., *iodiolens* Lund., *latifolia* Pech, *luteoalba* Bolt., *megaspora* Kauff., *pelliculosa* Fr., *peltata* Fr., *pullata* B. et C., *psammicola* B. et Br., *tintinnabulum* Fr., *urania* Fr., d'Europe et les *M. alcaliniformis* Murr., *atroalboides* Peck, *borealis* Sm., *murina* Murr., *odorifera* Peck, *pectinata* Murr., *purpureofusca* Peck, *subcærulea* Peck et *tenax* Sm., d'Amérique du nord, sont des *Eu. Mycena*. Les *M. camptophylla* Berk., *electica* Buck. (?), *margaritispora* Lange, *nodulosa* Sm. et *Oregoneusis* Sm., sont des *Para-Mycena*.

Il est intéressant de noter que quelques espèces, qui sont évidemment des *Eu-Mycena* par l'ensemble de leurs caractères et notamment par leurs hyphes fortement amyloïdes, ont des spores non amyloïdes; c'est le cas pour les *M. bulbosa* Cejp, *codiniceps* Cooke et *pseudo-pura* Cooke. (?)

Inversement le *M. excisa* Lusch, seusu *Lange* (comme les *M. Quiniaulteusis* Kauffm. et *scabriques* Murr. d'Amérique du nord) possède des spores amyloïdes, alors que ses hyphes ne se colorent pas sensiblement par le chloral iodé, au moins dans le chapeau et dans les lames. C'est probablement au niveau de cette espèce que les rapports entre *Eu-* et *Paramycena*, sont le plus étroits. Deux *Paramycena* (*M. atribrunnea* Murr. et *subalpina* v. H.) présentent en effet une chair légèrement, mais distinctement amyloïde, alors que leurs spores ne se colorent pas en gris bleu par l'iode; or ces deux espèces possèdent, comme le *M. excisa*, un pigment brun dans l'épicutis piléique (qui n'est pas en brosse) ou dans les poils du stipe, de très grandes pleurocystides, des lames à trame très régulière, formée d'hyphes cylindriques, remarquablement allongées et des hyphes du stipe nettement métachromatiques au bleu de crésyl.

Cette métachromasie se retrouve encore bien marquée, chez *M. flavoalba* Fr. et *floridula* Fr., dont les hyphes des lames sont aussi faiblement amyloïdes; elle devient moins nette (*M. epiphloea* Fr., *gypsea* Fr.) ou dis-

paraît (*M. lactea* Pers.) chez les autres *Para-Mycena*, dont les hyphes en sont plus sensiblement amyloïdes, comme dans plusieurs espèces blanches, rangées jusqu'ici à tort, dans le genre hétérogène : *Omphalia*, à cause de leurs feuillets plus ou moins décurrents, mais qui touchent de très près au groupe du *M. lactea*,

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Influence du vide partiel ou poussé sur les propriétés biochimiques de quelques Champignons inférieurs.* Note de MM. **A.** et **R. Sartory** et **J. Meyer.**

Continuant nos travaux en vue d'étudier l'influence du vide partiel ou sensiblement total sur les propriétés biologiques de certains Champignons inférieurs ([1]), nous avons étudié, en prenant comme type

Mucor spinosus van Tieghem,
Aspergillus fumigatus var. *cellulosæ* Bäumli,
Eurotium diplocyste Sartory-Meyer,

les modifications des propriétés biologiques en résultant. Nous avons examiné le métabolisme glucidique en cultivant nos champignons sur milieu de Raulin liquide neutre, auquel nous ajoutions les différents hydrates de carbone que nous désirions étudier.

Des cultures effectuées simultanément dans le vide et dans l'atmosphère normale nous ont permis de doser le sucre après 6, 10 et 20 jours en les comparant chaque fois avec un milieu témoin non ensemencé. Les dosages ont été faits au moyen de la méthode de Bertrand en ayant soin, chaque fois que cela était nécessaire, de pratiquer une interversion préalable.

		Sucres pour 1000 dans les milieux de cultures après					
		6 jours.		10 jours.		20 jours.	
Champignons.	Témoin.	*a.*	*b.*	*a.*	*b.*	*a.*	*b.*
Mucor spinosus...........	55	38,5	34,5	20,5	11,7	6,5	2,5
Aspergillus Fumigatus....	55	6,5	52,2	1	47,9	1	12,5
Eurotium Diplocyste......	55	43,5	53,5	28,6	45,3	16,1	33,8
Eurotium Dyplocyste (à l'amidon)..............	52	35,1	38,1	28,1	29,6	17,8	17,1

Nota. — *a*, aérobie; *b*, anaérobie.

([1]) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 952.

De l'ensemble de ces recherches nous croyons pouvoir formuler les conclusions suivantes :

Le *Mucor spinosus* assimile le saccharose d'une façon plus intense dans une atmosphère pauvre en oxygène ou privée de ce gaz que dans l'air normal.

Nous avons, dans une Communication antérieure, pu démontrer que la croissance de ce champignon est amorcée plus rapidement et que la récolte est plus abondante dans les cultures aérobies que dans celles placées en anaérobiose.

Malgré cette constatation le métabolisme glucidique est plus intense en anaérobiose, il n'y a donc aucun rapport direct entre la croissance de *Mucor spinosus* et l'assimilation du sucre. L'un de nous (R. Sartory) ([1]) a déjà constaté que le *Mucor spinosus* produit en anaérobiose une augmentation notable pour l'hydrolyse et pour l'assimilation du saccharose et de l'amidon; ceci pourrait être en rapport avec les propriétés fermentatives du champignon qui peut utiliser jusqu'à une proportion de 3 pour 100 d'alcool pour ses besoins énergétiques.

L'*Aspergillus fumigatus* en expérience n'assimile presque pas de sucre dans le vide alors qu'il en absorbe des quantités énormes dans les cultures placées dans une atmosphère normale. Dans les mêmes conditions culturales la récolte est à peu près aussi abondante après 5 jours à 76^{cm} de pression qu'après 20 jours dans le vide tel que nous l'avons démontré antérieurement.

Si nous comparons les résultats obtenus dans l'étude de l'assimilation des sucres nous voyons qu'il n'y a aucun rapport direct entre la luxuriance, le poids de récolte de la culture et le métabolisme hydrocarboné.

L'*Eurotium diplocyste* formant facilement des appareils sexués en anaérobiose sur milieu de Raulin saccharosé, n'assimile que très médiocrement le sucre.

J. Meyer ([2]), dans ses études sur l'influence du radium sur l'*Aspergillus fumigatus*, a déjà pu démontrer que cet organisme, au moment de l'apparition du phénomène sexué, perd en milieu fortement dissocié l'activité diastasique extracellulaire; au contraire l'activité diastasique intracellulaire

---

([1]) *Étude de la dégradation de la cellulose chez quelques insectes xylophages sous l'influence de microorganismes, Thèse Doct. Sc. Nat.*, Paris, 1929.

([2]) *Contribution à l'étude de l'*Aspergillus fumigatus Fresenius, *Thèse Doct. Pharm.*, Strasbourg, 1927, p. 88.

est augmentée sensiblement. Il y a donc une certaine analogie entre les modifications biologiques des *Perisporiacées* occasionnées d'un côté par le radium, de l'autre côté par la raréfaction ou la privation en oxygène. Comme ce Champignon pousse très bien dans le vide sur milieu de Pomme de terre nous avons été amené à étudier l'assimilation de l'amidon. Nous nous sommes servi du milieu de Raulin neutre dans lequel nous avions remplacé le saccharose par l'amidon soluble et tyndalisé au préalable.

En considérant les résultats exprimés dans le tableau précédent on voit que le champignon assimile l'amidon presque aussi bien dans le vide que dans l'atmosphère normale.

Comme d'autre part nous venons de constater que l'assimilation des sucres est beaucoup moins prononcée qu'à la pression de 76^{cm}, il faut admettre que l'*Eurotium diplocyste* dégrade l'amidon suivant un processus peu commun. Nous avons constaté que la concentration en ions H de notre milieu dissocié augmente fortement par l'action combinée du vide et de la croissance du champignon; il nous semble que la disparition de l'amidon devrait être mise au compte d'une hydrolyse purement chimique, processus ne se produisant pas en présence d'hexoses et de bioses par le manque de l'apparition du phénomène modificateur de la concentration en ions H.

CYTOPHYSIOLOGIE. — *La démonstration expérimentale du rôle du chondriome dans la respiration.* Note de M. **Philippe Joyet-Lavergne.**

Nous avons vu [1] qu'il est possible de mettre en évidence l'existence, à la surface des chondriosomes, d'une puissance de catalyse d'oxydation qui semble être du même ordre de grandeur que celle qui est nécessaire pour réaliser l'oxydation des métabolites dans la cellule vivante. Si cette constatation apporte un argument en faveur de la conception que nous avons formulée sur le rôle du chondriome dans la réalisation de l'étape fondamentale de la respiration, elle ne constitue cependant pas une démonstration de ce rôle. Avec des moyens techniques suffisants nous devrions constater que l'oxydation des molécules organiques transformées au cours de l'acte respiratoire est une manifestation de l'activité des chondriosomes, manifestation à laquelle nous pourrions assister.

Nous ne pouvons pas suivre au microscope l'oxydation des aliments

(1) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 1020.

dans la cellule vivante, mais nous avons le moyen d'apprécier le résultat global de ces oxydations en mesurant l'intensité respiratoire de la cellule. Si ces oxydations sont l'expression de l'activité du chondriome, il doit exister une relation directe entre leur importance globale (intensité respiratoire) et la surface catalysante (teneur en chondriome de la cellule). Considérons deux cellules du même type, ne différant entre elles que par leur teneur en chondriosomes, si nous pouvons constater que leur intensité respiratoire respective est proportionnelle à cette teneur nous aurons apporté la démonstration cherchée.

Un type cellulaire ne pourra être favorable aux recherches envisagées que s'il présente, au cours de sa vie, des variations importantes dans son chondriome. Nous avons choisi le globule rouge du sang des Vertébrés, ayant montré précédemment que le globule jeune est riche en chondriosomes, tandis que le globule âgé est pauvre en cette formation et put même, fréquemment, en être dépourvu [1].

Quand on soumet une population de globules rouges frais de Triton à l'action de l'un ou l'autre des deux réactifs suivants : soit à une solution de sulfate cobalteux en milieu alcalin, soit à une solution de chlorure cobalteux en milieu alcalin, si les concentrations de ces solutions sont convenables, on obtient les résultats suivants : le réactif, qui est incolore dans le premier cas, légèrement rosé dans le deuxième cas, pénètre dans les globules et, là, il subit une oxydation qui le transforme en sel cobaltique vert. L'intensité de l'oxydation réalisée est indiquée par la quantité de sel cobaltique formée, c'est-à-dire qu'elle peut, en quelque sorte, être mesurée par l'importance de la couleur verte que nous observons dans les globules. Dans toutes les expériences réalisées la couleur verte se trouve strictement localisée à la surface des chondriosomes. L'intensité de l'oxydation dépend de la richesse en chondriome des cellules. En comparant les résultats obtenus avec diverses populations de globules, ne différant entre elles que par la proportion des éléments jeunes qu'elles renferment, on arrive à la conclusion suivante : *L'oxydation réalisée par une population de globules rouges est d'autant plus intense que cette population est plus riche en globules jeunes.*

Si, comme nous le pensons, les faits que nous venons d'observer représentent les images, dans des conditions expérimentales déterminées, des catalyses d'oxydation qui s'opèrent normalement au cours de la deuxième

---

(1) Ph. Joyet-Lavergne, *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 1101.

étape de la respiration cellulaire, nous devons constater que le résultat global de cette deuxième étape, c'est-à-dire l'intensité respiratoire d'une population de globules, varie suivant sa teneur en chondriosomes, teneur qui dépend du nombre des éléments jeunes qu'elle renferme. Les mesures de l'intensité respiratoire de diverses populations de globules rouges de Vertébrés ont été faites par de nombreux auteurs. Les travaux de Warburg (1909, 1914), Harrop (1919), Daland et Isaacs (1927), Derra (1928), Morawitz (1928), Wright (1931), Warren (1934), Litarczek, Baicoiana et Bals (1935) concordent parfaitement pour montrer que *la respiration d'une population de globules rouges est effectivement d'autant plus intense que cette population est plus riche en éléments jeunes*.

On pourrait faire à la démonstration ci-dessus la critique suivante. Elle a été établie pour une cellule hautement spécialisée, le globule rouge, et, de ce fait, elle pourrait ne pas avoir une portée très générale si la spécialisation de cette cellule comportait l'existence de caractères particuliers pour le chondriome. Les recherches faites sur ce sujet montrent que, malgré la haute spécialisation des globules rouges, le chondriome de ces cellules possède exactement les caractères de constitution chimique et les qualités physico-chimiques du chondriome des cellules animales et végétales les plus diverses ([1]). La démonstration établie a donc une portée générale. Le chondriome de la cellule animale ou végétale joue, au cours de la deuxième étape de la respiration cellulaire (étape fondamentale), le rôle de catalyseur d'oxydation.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Le brome dans le suc gastrique.* Note ([2]) de Mlle **Camille Chatagnon**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Le brome est un constituant normal et constant du suc gastrique. Il participe donc à l'acidité de ce suc, exprimée jusqu'alors seulement en ClH.

Technique. — Notre étude porte sur des liquides gastriques dilués recueillis à l'aide d'une sonde œsophagienne sur des femmes à jeun en introduisant 200 à 300$^{cm^3}$ d'eau distillée dans l'estomac : ce liquide est immédiatement recueilli (durée de l'épreuve : 5 à 8 minutes).

Les dosages du brome et du chlore gastrique sont effectués en utilisant

([1]) Ph. Joyet-Lavergne, *C. R. Soc. Biol.*, 123, 1936, p. 754.

([2]) Séance du 30 novembre 1936.

la méthode de A. Damiens [1] dont la grande sensibilité autorise cette pratique.

Les résultats sont consignés dans le tableau ci-dessous :

	Suc gastrique dilué.				Sang total.				Date de l'expérience.
	Quantité en cm³.	Brome en mg p. 1000.	Cl en mg p. 1000.	1000 Br/Cl.	Brome en mg p. 1000.	Chlore en mg p. 1000.	1000 Br/Cl.	Age des sujets.	1936.
1...	330	0,90	272	3,35	"	"	"	30	4 juin
2...	130	0,23	133	1,7	"	"	"	18	8 mai
3...	300	0,23	228	1,0	1,8	2988	0,6	45	22 mai
4...	358	0,7	290	2,6	"	"	"	45	5 août
5...	190	2,36	515	4,6	"	"	"	58	7 »
6...	239	0,38	110	3,4	"	"	"	39	7 »
7...	280	2,57	392	6,6	2,5	2946	0,9	72	20 »
8...	216	1,15	528	2,1	1	2932	0,34	20	2 sept.
9...	213	0,41	368	1,3	4,25	3452	1,2	18	2 »
10...	200	2	597	3,3	3	2854	1,01	39	9 »
11...	57	0,087	239	0,36	3,75	2958	1,2	18	11 »
12...	116	0,25	146	1,7	4	3025	1,3	22	11 »
13...	194	0,51	164,5	3,1	2,75	3066	0,8	70	15 »
14...	211	0,33	364	0,9	1,5	2988	0,5	72	15 »
15...	150	2,33	752	3,1	0,25	3093	0,2	25	18 »
16...	170	0,37	306	1,2	1	2934	0,34	22	18 »
17...	140	0,45	385	1,1	"	"	"	38	18 »
18...	220	1,82	731	2,4	0,5	3225	0,15	44	18 »

Dans 18 cas, nous avons donc décelé d'une façon constante le brome dans le liquide gastrique de lavage à des taux variant de $0^{mg},087$ à $2^{mg},57$ pour 1000. La moyenne des rapports 1000Br/Cl du liquide gastrique est égale à 2,43.

La présence du brome gastrique est constante à tous les âges puisque nos expériences portent sur 3 adolescents, 4 adultes, 8 femmes d'âge mûr et 3 vieillards. Le brome joue son rôle dans la sécrétion normale de l'estomac.

Nos expériences portent sur des sujets soumis soit au régime normal chloruré, soit le plus souvent au régime lacté et non en état de rétention de brome.

---

[1] *Comptes rendus*, **171**, 1920, p. 779; *Bull. Soc. Pharm.*, **27**, 1920, p. 609, et **28**, 1921, p. 37 et 85.

SÉROLOGIE. — *Sur une propriété physique d'un des constituants de la fraction non dialysable d'un sérum sanguin.* Note de M. **Maurice Doladilhe**, présentée par M. Félix Mesnil.

On sait que l'euglobuline précipite lorsque le sérum sanguin est soumis à une dialyse prolongée.

Ho Dac An (¹) a constaté que ce précipité n'est pas formé uniquement d'euglobuline, mais contient toujours une certaine quantité d'une protéine visqueuse. Ultérieurement nous avons signalé (²) que ce sont les ions hydrogène de l'eau de dialyse [provenant de l'acide carbonique dissous (³)] qui, en traversant le septum, provoquent la précipitation de cette protéine visqueuse. Ce déséquilibre s'observe en effet, d'une façon sensible, à partir du moment où, en cours de dialyse, le pH du sérum devient inférieur à 7.

Pour éviter cette précipitation, nous avons utilisé, pour nos dialyses, de l'eau distillée, tamponnée au pH 7,3 par un peu de bicarbonate de soude (⁴). Dans ces conditions, le précipité ne contient plus que des traces infimes de cette protéine visqueuse.

Suffisamment déminéralisée, la fraction sérique non dialysable se révèle sensible à l'action floculante des ions hydrogène. En effet, diluée progressivement par de l'eau légèrement acidulée, elle flocule partiellement. Ce déséquilibre commence à partir d'une certaine dilution, augmente à mesure que croît la dilution et que par conséquent diminue le pH, passe par un maximum pour décroître ensuite.

Pour ces expériences, nous avons utilisé de l'eau distillée saturée de gaz carbonique; nous avons déterminé, au préalable, pour chaque sérum, la dilution pour laquelle le déséquilibre de la fraction non dialysable est maximum.

Le floculat obtenu est abondant, visqueux, légèrement coloré, insoluble dans l'eau, lentement soluble à froid, mais plus rapidement à chaud (40°) dans l'eau physiologique; il présente les caractères physiques de la protéine qui précipite en partie au cours de la dialyse en même temps que l'euglobuline. Il est semblable à la myxoprotéine de Piettre (⁵) et au complexe de

---

(¹) *Thèse*, Paris 1933.
(²) *Ann. Inst. Pasteur*, 53, 1934, p. 379.
(³) Doladilhe, *Ann. Inst. Pasteur*, 57, 1936, p. 443.
(⁴) Doladilhe et Morel, *C. R. Soc. Biol.*, 122, 1936, p. 1310.
(⁵) Piettre et Guibert, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 283.

Machebœuf ([1]). La solution surnageante, constituée en majeure partie par les albumines, est isotonisée. Après un lavage à l'eau distillée qui enlève les constituants solubles dans l'eau (pseudo-globulines et traces d'albumines), on reprend la protéine par de l'eau physiologique.

Nous avons montré antérieurement ([2]) que le pouvoir disperseur ou antifloculant du sérum total est exercé par sa fraction non dialysable.

Au cours de ces expériences, effectuées en milieu isotonique de chlorure de sodium, nous avons été amené à constater que cette propriété physique est, en réalité, exercée par le seul groupe des albumines. Le chauffage ou le vieillissement ne modifient pas sensiblement le pouvoir disperseur ou antifloculant de cette partie de la fraction sérique non dialysable.

La solution en eau physiologique de la protéine constituant l'autre partie de la fraction non dialysable ne manifeste aucune propriété dispersante ou antifloculante.

Par contre nous avons pu observer que cette protéine, dénuée par elle-même de tout pouvoir disperseur ou antifloculant, possède la curieuse propriété d'augmenter l'action dispersante ou antifloculante exercée par le groupe des albumines.

L'addition de quantités croissantes de cette protéine à un mélange isotonique formé par un hydrosol de gomme ou de résine et par une certaine quantité du groupe des albumines est suivie, à 37°, d'un accroissement de plus en plus prononcé de la dispersion du mélange.

Ce phénomène s'observe également lorsque, au lieu du groupe des albumines, on ajoute à l'hydrosol un peu d'un sérum total quelconque.

La fraction non dialysable d'un sérum sanguin est donc constituée par l'association de deux groupes protéiques dont l'un, thermostable, possède la propriété physique de dispersion et l'autre, thermolabile, dénué de tout pouvoir disperseur ou antifloculant, possède à l'état frais la propriété de sensibiliser un complexe colloïdal à l'action dispersante d'un sérum total ou du groupe de ses albumines.

Il faut rapprocher de cette dernière constatation l'action sensibilisante à la dispersion sérique que l'alexine exerce sur un complexe colloïdal ([3]).

([1]) *Thèse*, Paris, 1928.

([2]) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1189.

([3]) Doladilhe et Morel, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 1102.

PATHOLOGIE ANIMALE. — *La peste porcine est transmissible au mouton et à la chèvre.* Note de M. **Henri Jacotot**, présentée par M. Emmanuel Leclainche.

La peste porcine a toujours été considérée comme une maladie contagieuse spéciale aux porcins. Pourtant, il y a quelques années, Charles Nicolle et L. Balozet ([1]) ont montré qu'elle pouvait être transmise expérimentalement à l'homme sous forme inapparente. Plus récemment, Le Chuiton, Mistral et Dubreuil ([2]) ont constaté que, inoculé au cobaye par voie testiculaire ou intracérébrale, le virus de la peste porcine lui donne une maladie caractérisée, tout en perdant, au cours même du premier passage son pouvoir pathogène pour le porc et la faculté d'immuniser cet animal.

Nous signalons aujourd'hui un fait qui, jusqu'à présent, est resté ignoré : le mouton et la chèvre offrent au virus de la peste porcine une franche réceptivité. Les expériences qui font l'objet de cette note ont porté, à l'Institut Pasteur de Nhatrang, sur plus de trente moutons de races diverses et notamment du Berry, et plus de trente chèvres d'Indochine; aucun d'eux ne s'est montré réfractaire.

A la suite de l'inoculation de sang virulent de porc, les ovins et les caprins subissent presque toujours une infection inapparente, mais certains présentent de légères irrégularités thermiques ou des troubles très discrets de l'habitus qui semblent devoir être attribués à la présence et à la multiplication du virus dans leur organisme.

D'ordinaire, également, l'autopsie des sujets sacrifiés au cours de l'infection pestique ne révèle pas de lésions spéciales; parfois pourtant on relève des altérations inflammatoires superficielles en certains points de la muqueuse de la caillette et de la muqueuse intestinale.

La transmission et les passages réussissent tout aussi bien lorsqu'on inocule dans le tissu conjonctif sous-cutané que lorsqu'on inocule dans les testicules ou le cerveau. L'administration du virus par la bouche est également suivie d'infection.

Après plusieurs passages de chèvre à chèvre, ou de mouton à mouton, le virus conserve son pouvoir pathogène pour le porc.

([1]) *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 1537.
([2]) *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 96.

Le virus peut être décelé — par inoculation au porc — dans le sang de la veine jugulaire du mouton et de la chèvre 12 heures déjà après l'inoculation; on l'y trouve, dans la plupart des cas, pendant 3 semaines.

Les petits ruminants qui ont été inoculés une première fois et que l'on réinocule, plusieurs semaines après, ne contractent pas une deuxième fois la peste porcine; c'est donc bien une infection, génératrice d'immunité, qui suit la première inoculation.

Les moutons et les chèvres qui vivent au milieu de porcs malades sont exposés à contracter la peste.

Expérience. — Dans une stalle où se trouvent 8 porcelets qui ont reçu chacun, la veille, 2^{cm^3} de sang virulant (souche Alger) en injection sous-cutanée, on place une chèvre d'Indochine et un mouton de demi-sang berrichon; l'herbe leur est donnée à même le sol. Dans la suite, à partir du septième jour, tous les 3 jours, on prend à la chèvre 30^{cm^3} de sang qu'on injecte au porcelet neuf 851, et, au mouton, 30^{cm^3} de sang qu'on injecte au porcelet neuf 857, et cela quatre fois de suite. Les deux porcelets neufs contractent une peste mortelle; les symptômes apparaissent chez le porcelet 851 1 semaine, et chez le porcelet 857 4 jours après la première injection de sang.

Dans les excréments des moutons et des chèvres précédemment inoculés, on peut mettre le virus pestique en évidence.

Expérience. — Un mouton de demi-sang berrichon a reçu en injection sous-cutanée 30^{cm^3} de sang virulent (virus de passage par mouton); dans la suite, à partir du cinquième jour, on administre chaque jour à un porcelet neuf, par la bouche, une petite quantité de ses excréments; le porcelet contracte une peste mortelle; la maladie a commencé chez lui 5 jours après la première administration d'excréments de mouton.

Le lait des brebis et des chèvres en état d'infection pestique peut être virulent; nous n'avons pas réussi, jusqu'à présent, à mettre le virus en évidence dans l'urine.

Enfin, l'antigène préparé, selon le procédé de Sarnowiec, avec le sang virulent fourni par des moutons ou des chèvres a permis d'obtenir 6 fois sur 8, chez des porcs guéris, la réaction spécifique d'immunité dans les conditions qui ont été fixées par Donatien et Lestoquard.

Conclusion. — La peste porcine est facilement transmissible, par inoculation, au mouton et à la chèvre; ces animaux peuvent aussi se contaminer par simple cohabitation avec des porcs malades. La peste porcine reste généralement inapparente chez les petits ruminants; néanmoins, ils peuvent, par leurs excréments, rejeter du virus dans le milieu extérieur.

Connaissant la résistance relative de ce virus et sachant combien est grande à l'égard de la peste porcine la réceptivité de certaines races de porcs, on est en droit de considérer le mouton et la chèvre comme pouvant

contribuer à la propagation de cette contagion meurtrière, largement répandue en de nombreux pays.

A 16h15m l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

La Commission chargée de dresser une liste de candidats à la place de Membre non résidant vacante par le décès de M. *Charles Nicolle*, présente, par l'organe de M. le Président, la liste suivante :

En première ligne..........	M. EDMOND SERGENT, à Alger.
En seconde ligne, ex æquo *par ordre alphabétique*.	MM. POL BOUIN, à Strasbourg; ÉMILE COTTON, à Grenoble; RENÉ MAIRE, à Alger.

Les titres de ces candidats sont discutés.
L'élection aura lieu dans la prochaine séance.

La séance est levée à 17h30m.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 23 novembre 1936.)

Note de M. *Marcel Godchot* et Mlle *Germaine Cauquil*, Sur l'action de l'acide cyanhydrique sur la méthyl-3-cyclohexanone active :

Page 1044, ligne 15, *au lieu de* $C^{15}H^{26}O^{3}$: C % : 70,9; H % : 10,2, *lire* $C^{15}H^{24}O^{3}$: C % : 71,42 ; H % : 9,52 ; ligne 16, *au lieu de* $C^{15}H^{26}O^{3}$: 254, *lire* $C^{15}H^{24}O^{3}$: 252 ; ligne 19, *au lieu de* acide carbonique, *lire* acide formique.

Note de M. *George-Albert Boulenger*, Le genre *Hesperhodos* Cocker., de la famille des Rosacées :

Page 1044, dans le titre, *au lieu de* Herperhodos, *lire* Hesperhodos.

(Séance du 30 novembre 1936.)

Note de M. *Émile Picard*, Sur l'œuvre scientifique de M. Édouard Goursat :

Page 1106, ligne 6, *au lieu de* mobile (erreur typographique), *lire* modèle.

Note de M. *Émile Borel*, Sur le problème des partis :

Page 1112, ligne 12, *au lieu de* $R_{n,p}$, *lire* $B_{n,p}$; ligne 18, *au lieu de* $h - 1/2$, *lire* $n - 1/2$.

Page 1113, ligne 4, *au lieu de* total dépasse, *lire* total atteint ou dépasse.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 14 DÉCEMBRE 1936.

PRÉSIDENCE DE M. JEAN PERRIN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ZOOLOGIE. — *Observations complémentaires sur les pattes des Crustacés décapodes appartenant à la section des Astacomorphes.* Note de M. **Louis Bouvier.**

J'ai insisté ([1]) sur la présence, chez l'Écrevisse (*Astacus fluviatilis*), d'un article précoxal à la base de toutes les pattes, sur la position qu'occupe cet article sur les flancs internes de la cavité branchiale et sur l'indépendance qu'il conserve aux pattes de la paire postérieure. C'était une justification, facile à constater sur une espèce vulgaire, des vues de H.-J. Hansen ([2])

Bien avant Hansen, Huxley, dans sa monographie classique de l'Écrevisse ([3]); avait très exactement décrit les pièces signalées dans ma Note, mais, au lieu de les considérer comme articles basilaires des pattes, il les tenait toutes pour des pièces épimérales, même celles des pattes postérieures, malgré leur indépendance. Cette dernière est d'ailleurs relative car, ainsi que l'observe justement Huxley, le sternite mobile et la pièce épimérale des pattes postérieures « constituent un élément solide ventral du squelette, calcifié d'une façon continue », c'est-à-dire (contrairement à ma Note) sans articulation mobile, la mobilité de l'ensemble étant due à une membrane qui la réunit aux somites situés en avant et en arrière.

Comment donc peut-on concevoir les rapports de cet ensemble avec la coxa ou article suivant de ladite patte?

([1]) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 222.

([2]) *Studies on Arthropododa*, II, 1925.

([3]) *L'Écrevisse, Introduction à l'étude de la Zoologie*, 1880.

Pour s'en rendre compte, il faut examiner la manière dont le sternite se rattache à la précoxa ou pièce épimérale. Sa partie médiane se continue à droite et à gauche en une lame assez large qui, sur son bout externe, s'élargit un peu et se fusionne complètement avec la face interne de la portion saillante de la pièce épimérale. Par cette fusion, la précoxa se trouve ankylosée sur la pièce sternale, alors que partout ailleurs elle est mobile sur les parties avoisinantes; une large membrane la relie au sternite et sert d'attache à la coxa qui s'articule d'ailleurs, par un condyle, avec la partie restée solide de la précoxa. Cette partie, comme on sait, se prolonge et s'amplifie vers le haut pour donner attache à la pleurobranchie fonctionnelle qui est assez bien développée; un peu plus bas, vers la partie inférieure saillante et ciliée de l'article s'élève un léger tubercule dont le sommet arrondi est occupé par une membrane molle en forme de cicatrice.

Déjà signalée dans ma Note précédente, ladite cicatrice membraneuse semble avoir bien peu, jusqu'ici, retenu l'attention [1]; elle doit être pourtant de réelle importance, car on la trouve chez presque tous les représentants du groupe astacomorphe.

C'est dans la famille des Homaridés (*Homarina* de Huxley) que la cicatrice offre son plus notable développement. Ces Astacomorphes sont exclusivement marins et se distinguent des Astacomorphes d'eau douce par la fusion du sternite postérieur avec les sternites précédents. Chez le *Homarus vulgaris* Edw., qui porte des pleurobranchies fonctionnelles à la base des pattes des quatre dernières paires, la cicatrice saute aux yeux dès le premier abord; c'est un grand ovale membraneux situé à la surface même de l'article, assez loin au-dessous de l'attache de la pleurobranchie; il en est à peu près de même chez le *Homarus americanus* Edw. et chez notre langoustine ou *Nephrops norvegicus* L. Les autres Homaridés se rapprochent des précédents par leur appareil branchial, la cicatrice y est également fort nette, peut-être légèrement moins grande chez les espèces que j'ai passé en revue : l'*Enoplometopus pictus* A. M. Edw. des îles Sandwich, l'*E. occidentalis*

---

(1) A ma connaissance elle ne fut signalée que par Huxley dans son travail sur la classification et la distribution des Écrevisses (*Proc. Zool. Soc.*, 1878, p. 762, avec figure p. 760); dans notre *Astacus fluviatilis*, l'illustre auteur la figure à sa place et exactement la décrit comme « un espace ovale occupé par une portion souple et flexible de la cuticule »; il la figure sans la décrire, dans *Astacopsis franklinii*, mais ne s'y arrête pas davantage.

Rand. de l'île Maurice et dans un Crustacé abyssal, le *Nephropsis aculeatus* Smith.

Les Astacomorphes d'eau douce méritent d'être réunis en une seule famille, Astacidés (*Astacina* de Huxley), qui s'oppose à celle des Homaridés. Toutefois, ils se divisent en deux sections établies par Huxley, les *Potamobiens* tous propres à l'hémisphère boréal, les Parastaciens localisés dans l'autre hémisphère.

Les *Potamobiens* se rapprochent particulièrement des Homarides en ce sens que leurs podobranchies (branchies situées sur la coxa) sont toujours accompagnées d'une ample lamelle épipodiale, mais leurs affinités homariennes sont loin d'être les mêmes chez tous. Dans les *Astacus* ou Écrevisses proprement dites, il y a toujours une pleurobranchie fonctionnelle à la base des pattes postérieures et, sur les flancs à la base des trois paires précédentes, une pleurobranchie en simple filament, parfois réduite à sa cicatrice d'attache dans la plus antérieure de ces pattes. On sait que chez notre *Astacus fluviatilis* Fabr., la cicatrice, plutôt circulaire est située sur un léger tubercule au-dessous de la pleurobranchie. Dans l'*Astacus nigrescens*, espèce californienne qui paraît s'en éloigner le plus, la cicatrice occupe à peu près la même position mais devient un ovale allongé. Plus trace de pleurobranchies dans les *Cambarus*, Écrevisses localisées sur le continent américain du Nord, à l'Est des Montagnes Rocheuses. Les *Cambarus* présentent une variété extrême; dans le *C. affinis* Say, espèce qui se répand actuellement chez nous, je n'ai pas trouvé le moindre vestige de cicatrice, observation qu'il faut presque certainement étendre à toutes les autres espèces du genre.

Les *Parastaciens* s'éloignent des Potamobiens et des Homarides par la réduction souvent extrême de l'expansion épipodiale sur laquelle s'élèvent leurs podobranchies; mais toujours ils présentent une pleurobranchie fonctionnelle à la base des pattes postérieures ce qui les rapproche des *Astacus* et des Homarides. Chez tous, j'ai observé une cicatrice sur l'article précoxal de ces pattes. Dans une espèce américaine, le *Parastacus chilensis* Edw. qui possède quatre paires de pleurobranchies, la cicatrice est protégée par un rebord à bec saillant situé un peu au-dessous et en arrière de la pleurobranchie. Dans les espèces australiennes que j'ai étudiées, elle est en haut et près du bord de l'article, toujours sans tubercule; c'est une dépression irrégulière dans *Chœraps quinquecarinatus* Gray, une longue dépression courbe et parallèle au bord externe dans *Chœraps preissi* Erichs, un arc court situé près du bord supérieur dans *Parachœraps bicarinatus* Gray, une

sorte de pli assez large et peu apparent dans *Astacopsis serratus nobilis* Dana. L'*Astacopsis* à quatre paires de pleurobranchies fonctionnelles décrit (p. 114) et figuré (*fig.* 76) par Huxley, doit être fort voisin du précédent et sans doute, présenter une cicatrice. En tous cas, celle-ci existe, fort apparente, chez un Parastacien malgache, l'*Astacoides madagascariensis* A. M. Edw., où elle se trouve à peu de distance au-dessous et en arrière de la pleurobranchie unique possédée par cette espèce.

En somme, la cicatrice apparaît chez tous les Astacomorphes où existe un appareil pleurobranchial et, à très peu près, se développe dans la même mesure que cet appareil; par contre, il n'y en a pas un vestige chez les *Cambarus*, c'est-à-dire chez les seuls Astacomorphes où fait totalement défaut ledit appareil. Si l'on observe, d'autre part, qu'elle ressemble à la cicatrice que laisse, chez certains *Astacus*, l'atrophie du filament pleurobranchial antérieur, on doit conclure qu'elle est la trace persistante, sur la précoxa des pattes postérieures, d'une pleurobranchie atrophiée. D'ailleurs, la trace est particulièrement forte et nette chez les Homarides, c'est-à-dire chez les Astacomorphes marins qui, par quelques-unes de leurs formes disparues, ont servi de souche aux Astacomorphes d'eau douce.

Et cela nous ramène à l'origine du groupe et de l'appareil branchial des Astacomorphes, surtout des Homariens. On sait aujourd'hui que les Homariens, par l'intermédiaire des Dromiacés, furent la souche de tous les Crabes, mais il s'en faut qu'on soit également renseigné sur leur origine propre. Or, la cicatrice montre à l'évidence que les ancêtres des Astacomorphes, notamment des Homarides, possédaient deux pleurobranchies sur la précoxa des pattes de la dernière paire; la pleurobranchie supérieure qui a persisté fonctionnelle et une inférieure indiquée seulement par sa cicatrice. Mais cette cicatrice occupe la même place que les deux bourgeons qui, chez les larves de Pénéides étudiées par Claus [1], se trouvent sur les flancs du corps, à la base précoxale des pattes précédentes, et qui deviendront, chez l'adulte, des arthrobranchies, ainsi nommées parce qu'elles s'élèvent sur la partie devenue membraneuse et articulaire de cette base; un bourgeon supérieur, au surplus, donnant naissance à une pleurobranchie. La patte postérieure des Astacomorphes rappelle cet état des Pénéides, seulement la cicatrice, au contraire de ses homologues les deux bourgeons inférieurs, est restée pleurobranchiale sur la partie de l'article précoxal restée solide, elle n'a pas été prise dans la partie où cet article est devenu

---

[1] *Arbeit. zool. Institut Wien*, 6, 1885, fig. 24 et 25.

membraneux pour se rattacher au sternite et à l'article coxal. Dès lors, comme l'a pensé justement Hansen (p. 136), il faut tenir pleurobranchies et arthrobranchies comme issues les unes et les autres d'un article précoxal plus ou moins incorporé aux flancs chez les Crustacés décapodes.

Pour trouver une double formation épipodiale analogue à celle que l'on observe sur l'article précoxal des Homaridés et de la plupart des autres Astacomorphes, on doit descendre au plus bas dans la série carcinologique, à l'ordre des Branchiopodes Anostracés dont tous les représentants sont dépourvus du repli tégumentaire appelé carapace. Hansen a montré, en effet (Pl. I, *fig.* 2*a*), que le *Chirocephalus grubei* Dyb. développe deux lames épipodiales sur l'article précoxal de ses pattes, et il rappelle d'autre part (p. 27) que G. O. Sars a constaté une disposition semblable chez les *Polyartemia*. On peut donc penser que les ancêtres des Homarides avaient conservé et ont légué à leur descendance la duplicité proépipodiale qu'ils tenaient, directement ou indirectement, de la souche même des Crustacés.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la formule de quadrature approchée de Tchebycheff.* Note [1] de M. **Serge Bernstein.**

Tchebycheff a proposé la formule de quadrature approchée

$$\int_0^1 f(x)\,dx = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} f(x_i), \tag{1}$$

en déterminant les valeurs x_i par la condition que celle-ci soit rigoureusement exacte pour un polynome quelconque de degré n. J'ai montré autrefois que toutes les valeurs x_i pour n assez grand ne peuvent alors être réelles [2]; ainsi, la formule de Tchebycheff devient inapplicable pour n suffisamment grand. Il est naturel de se demander quelle est la valeur maxima M_n des degrés des polynomes arbitraires pour lesquelles la formule (1) pourrait être rendue rigoureusement vraie par un choix convenable des points x_i du segment 01. Je voudrais indiquer ici l'*inégalité*

$$M_n < \pi\sqrt{2n} \tag{2}$$

---

[1] Séance du 30 novembre 1936.

[2] Je signalerai aussi une Note récente de M. Kuzmin (*Comptes rendus*, 202, 1936, p. 272).

valable pour toute valeur de $n > 0$ et résumer brièvement les points principaux de sa démonstration.

Théorème I. — *Soient* $\xi_1 < \xi_2 < \ldots < \xi_m$ *les racines du polynome* $P_m(x)$ *de degré m de Legendre relatif au segment* 01; *si* $M_n \geqq 2m - 1$, *on a*

$$(3) \qquad S(\xi_1) < \frac{n\pi}{2m} \sin \frac{\pi}{m + \frac{1}{2}},$$

où $S(\xi)$ *est le nombre de valeurs* $x_i \leqq \xi$.

Théorème II. — *Si une formule de la forme*

$$\int_0^1 f(x)\,dx = \sum_{i=1}^{n} q_i f(x_i),$$

où $q_i \geqq 0$, *est exacte pour tous les polynomes de degré* $2m - 1$, *chaque intervalle* $(0, \xi_1), (\xi_1, \xi_2), \ldots, (\xi_k, \xi_{k+1}), \ldots, (\xi_m, 1)$ *contient au moins un des points* x_i.

En combinant ces deux propositions, on voit immédiatement que

$$(4) \qquad 1 < \frac{n\pi}{2m} \sin \frac{2\pi}{2m+1} < \frac{n\pi^2}{m(2m+1)} \qquad (M_n \geqq 2m - 1),$$

d'où $(M_n + 1)^2 < 2n\pi^2$, si M_n est impair.

Observons que, dans le cas de Tchebycheff, où $M_n \geqq n$, l'inégalité (2) se réduit à

$$(2\ bis) \qquad n < \pi\sqrt{2n},$$

ce qui montre que la *formule proposée par Tchebycheff est inadmissible à partir de* $n \geqq 20$; d'ailleurs, en utilisant l'inégalité (4) sous sa forme plus précise et en tenant compte du fait qu'actuellement M_n doit être *impair* $(M_n = n + 1)$ même dans le cas, où n est pair, on voit que les valeurs $n > 15$ sont également inacceptables.

De plus, en calculant directement les abscisses de Tchebycheff pour $n \geqq 15$, on vérifie qu'elles ne sont pas toutes réelles à partir de $n > 9$ (et pour $n = 8$).

Dans une prochaine Note nous nous occuperons de la détermination d'une limite *inférieure* de M_n et du problème analogue concernant les abscisses équidistantes.

M. **P. Portier** fait hommage à l'Académie des *Résultats des Campagnes scientifiques accomplies sur son yacht*, par Albert Ier, prince souverain de

Monaco : Fascicule XCII. *Méduses provenant des Campagnes du Prince Albert Ier de Monaco*, par Gilbert Ranson. Fascicule XCIII. *Siphonophores Calycophorides* (suite) et *Physophorides provenant des Campagnes du Prince Albert Ier de Monaco*, par Eugène Leloup. Fascicule XCIV. *Documents sur les Cétacés et Pinnipèdes provenant des Campagnes du Prince Albert Ier de Monaco*, réunis par Jules Richard. Fascicule XCV. *Recherches sur la toxine des Cœlentérés et les phénomènes d'anaphylaxie*, par Ch. Richet et P. Portier.

M. **F. Mesnil** s'exprime en ces termes :

J'ai l'honneur de faire hommage à l'Académie de la quatrième édition du livre de notre regretté confrère A. Calmette, intitulé *L'infection bacillaire et la tuberculose chez l'homme et chez les animaux. Étude biologique et expérimentale; vaccination préventive.*

La première édition, née juste après la guerre, produit du labeur de notre confrère, enfermé dans Lille, a dû être rapidement suivie de deux autres, tant son succès avait été grand. Au moment de sa mort, Calmette songeait à une nouvelle édition qu'il n'a pu réaliser. Ses dévoués collaborateurs A. Boquet et L. Nègre, chefs de service à l'Institut Pasteur, ont assumé la tâche à laquelle ils étaient admirablement préparés, de remplacer leur maître, et c'est à eux que nous devons le livre que je présente à l'Académie.

M. **E.-L. Bouvier** fait hommage à l'Académie de la troisième et dernière partie : *Section des Automérinées* de son *Étude des Saturnioïdes normaux, famille des Hémileucidés.*

M. **Th. H. Morgan**, par l'organe de M. **Maurice Caullery**, fait hommage à l'Académie de son ouvrage intitulé : *Embryologie et Génétique*, traduit de l'anglais par Jean Rostand.

NOMINATIONS.

M. **A. Lacroix** est désigné pour représenter l'Académie au Comité Supérieur Scientifique de l'*Institut Français d'Afrique Noire.*

ÉLECTIONS.

L'Académie procède par la voie du scrutin à l'élection d'un Membre non résidant en remplacement de M. *Ch. Nicolle* décédé.

Le nombre de votants étant 49,

M. Edmond Sergent obtient	....	40	suffrages
M. René Maire	»	5	»
M. Émile Cotton	»	2	»
M. Pol Bouin	»	1	»
M. Alexis Carrel	»	1	»

M. **Edmond Sergent**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

M. **Georges Giraud** est élu Correspondant pour la Section de Géométrie par 39 suffrages contre 2 à M. *Louis Antoine* et 1 à M. *Adolphe Buhl.*

Il y a 1 bulletin blanc.

M. **Albert Thuloup** est élu Correspondant pour la Section de Mécanique par 39 suffrages contre 2 à M. *Robert d'Adhémar*, 1 à M. *Georges Bouligand* et 1 à M. *Jean Le Roux*.

PRÉSENTATIONS.

Dans la formation d'une liste de candidats à la Chaire de Chimie nucléaire du Collège de France, pour la première ligne M. *Frédéric Joliot* obtient 36 suffrages contre 2 à M. *Pierre Savel.*

Il y a 2 bulletins blancs.

Pour la seconde ligne M. *Pierre Savel* obtient 30 suffrages. Il y a 3 bulletins blancs.

En conséquence la liste présentée à M. le Ministre de l'Éducation nationale comprendra :

En première ligne.............. M. **Frédéric Joliot**.
En seconde ligne.............. M. **Pierre Savel**.

CORRESPONDANCE.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur la convergence de la médiane des n premiers résultats d'une suite infinie d'épreuves indépendantes.* Note de M. **Jean-André Ville**, présentée par M. Émile Borel.

Soit une variable aléatoire X, de fonction des probabilités totales $F(x)$. Supposons que l'on procède à une infinité dénombrable d'épreuves indépendantes tendant à déterminer X, et soit

$$X_1, \quad X_2, \quad \ldots, \quad X_n, \quad \ldots$$

la suite des résultats obtenus.

Il est connu que l'on peut calculer à partir de la suite des X_i supposée donnée, certaines quantités qui coïncident presque certainement avec certaines constantes attachées à la fonction $F(x)$. En particulier, M. Kolmogoroff a démontré ([1]) que, si la variable aléatoire X admet une valeur moyenne bien déterminée $\overline{X}$, la suite des moyennes des résultats

$$U_n = \frac{X_1 + X_2 + \ldots + X_n}{n} \qquad (n = 1, 2, \ldots, p, \ldots)$$

converge presque certainement vers $\overline{X}$.

Le but de cette Note est de montrer qu'un résultat analogue est vrai pour la médiane. Prenons d'abord un cas particulier : *Si la variable aléatoire X admet une valeur médiane unique m, la suite des valeurs médianes des* $2n+1$ *premières valeurs* $X_1, X_2, \ldots, X_{2n+1}$ *de* X *converge presque certainement vers la valeur m quand n croît infiniment.*

Le principe de la démonstration consiste à définir une infinité dénom-

---

([1]) Voir par exemple l'ouvrage de M. Maurice Fréchet, *Recherches théoriques modernes sur la théorie des probabilités*, Livre I, p. 257 (*Traité du Calcul des Probabilités et de ses applications* de M. Émile Borel, t. I, fasc. III).

brable d'événements tels que la non-convergence de la médiane des $2n+1$ premières valeurs de X vers m entraîne la non-convergence de la fréquence d'un au moins de ces événements vers la probabilité correspondante.

Du point de vue envisagé par M. Kolmogoroff, il y a donc équivalence entre la considération de la médiane ou la considération de la moyenne. On peut même généraliser le théorème sur la médiane de manière à s'affranchir de toute hypothèse quelle qu'elle soit sur la fonction des probabilités totales $F(x)$. Nous avons en effet démontré la proposition :

Soient une variable aléatoire X de fonction des probabilités totales $F(x)$ et α un nombre compris entre 0 et 1; considérons les nombres (finis ou infinis, mais toujours bien définis)

$$a = \text{borne supérieure des } x \text{ tels que } F(x) < \alpha;$$
$$b = \text{borne inférieure des } x \text{ tels que } F(x) > \alpha.$$

Répétons indéfiniment l'épreuve qui détermine la valeur de X, les épreuves successives étant indépendantes, soit

$$X_1,\ X_2,\ \ldots,\ X_n,\ \ldots$$

la suite des valeurs obtenues. Pour tout entier n, rangeons les n valeurs

$$X_1,\ X_2,\ \ldots,\ X_n$$

par ordre de grandeur non décroissante. Soit

$$X_1^{(n)},\ X_2^{(n)},\ \ldots,\ X_n^{(n)}$$

la suite ainsi obtenue.

α_n/n désignant la valeur approchée à $1/n$ près par défaut [1] de α, posons $Y_n = X_{\alpha_n}^{(n)}$.

Dans ces conditions,

La probabilité pour que l'on ait à la fois

$$\underline{\lim}_{n=\infty} Y_n = a \qquad \text{et} \qquad \overline{\lim}_{n=\infty} Y_n = b$$

est égale à un.

---

(1) La conclusion subsiste si l'on prend la valeur approchée par excès.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Sur les limites d'une fonction en un point.* Note de M. **Frédéric Roger**, présentée par M. Émile Borel.

A chaque point M de l'espace euclidien à n dimensions (E), faisons correspondre un ensemble $\mathcal{F}(M)$ d'éléments $\mathfrak{M}$ d'un espace ($\mathcal{E}$) où l'accumulation peut être définie par l'intermédiaire d'une famille dénombrable de voisinages [1] satisfaisant à l'axiome suivant : deux voisinages d'un même élément ont en commun tout un voisinage de cet élément. Nous dirons d'un élément $\mathfrak{M}_0$ de ($\mathcal{E}$) qu'il est limite d'éléments $\mathfrak{M}$ de $\mathcal{F}(M)$ quand M tend vers un point M_0 de (E) s'il existe une suite de points M_ν, tendant vers M_0 mais distincts de lui, tels qu'à tout voisinage de $\mathfrak{M}_0$ corresponde un rang à partir duquel $\mathcal{F}(M_\nu)$ a un élément au moins dans ce voisinage.

Nous nous proposons de montrer qu'en général, la répartition dans (E), au voisinage d'un de ses points M, des suites $\{M_\nu\}$ correspondant à des limites de $\mathcal{F}$ en M n'est pas arbitraire. Pour la répartition en direction, considérons, pour une limite $\mathfrak{M}$ en un point M, le faisceau $\Phi(M, \mathfrak{M})$ des positions limites des demi-droites MM_ν pour toutes les suites $\{M_\nu\}$ conduisant à $\mathfrak{M}$. Par une extension convenable de résultats antérieurs [2], on a ce

Théorème. — *Sauf peut-être en des points* M *doublement rares pour la dimension* p [3], *pour toutes les limites* $\mathfrak{M}$ *pour chacune desquelles existe une variété linéaire à* $n-p$ *dimensions passant par* M, *étrangère à la partie bilatérale* [4] *du faisceau* $\Phi(M, \mathfrak{M})$, *cette partie bilatérale se réduit à une même variété linéaire à* p *dimensions* L *et toute demi-variété linéaire ouverte à* $p+1$ *dimensions limitée à* L *est étrangère à l'un des* Φ *correspondants dès qu'il en est ainsi d'une seule de ses demi-droites.*

Prenons les limites pour chacune desquelles toutes ces demi-variétés sont étrangères à Φ (qui se réduit alors à L) : la distance à L des points M_ν de toute suite correspondante est, par rapport à la distance MM_ν, un infiniment petit d'ordre supérieur à 1 ; ou encore, toutes les variétés analytiques régulières à p dimensions passant par M et sur lesquelles l'une quelconque

---

(1) Espace parfaitement séparable au sens de M. Maurice Fréchet.

(2) *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 1403.

(3) C'est-à-dire dont l'ensemble 1° est de mesure p-dimentionnelle nulle, 2° se compose d'une infinité dénombrable d'ensembles, chacun d'eux étant situé sur une variété élémentaire à p dimensions et non dense sur elle.

(4) C'est-à-dire au faisceau des droites appartenant bilatéralement à Φ.

de ces limites est atteinte ont en commun leur élément de contact du premier ordre. Pour passer aux ordres suivants, on a le

THÉORÈME. — *Sauf peut-être en des points* M *doublement rares pour la dimension* p (voir ci-dessus), *pour toutes les limites* $\mathfrak{M}$ *pour chacune desquelles existe un demi-cône* Γ *de sommet* M *à l'intérieur duquel les points* M_ν *de toute suite conduisant à* $\mathfrak{M}$ *sont à une distance d'une variété analytique régulière à* p *dimensions passant par* M *et dont une demi-tangente est intérieure à* Γ, *qui est infiniment petite d'ordre au moins égal à* k *par rapport à* MM_ν, *il existe une même variété analytique régulière à* p *dimensions (définie à un contact près d'ordre* k*) dont la distance aux points* M_ν *de toute suite correspondant à l'une quelconque des limites* $\mathfrak{M}$ *est infiniment petite d'ordre supérieur à* k *par rapport à* MM_ν; *ou encore, toutes les variétés analytiques régulières à* p *dimensions sur lesquelles est atteinte en* M *l'une quelconque des limites* $\mathfrak{M}$ *ont en commun leur élément de contact d'ordre* k.

Dans ce passage de l'ordre $k-1$ à l'ordre k, la condition qu'à l'intérieur d'un demi-cône, la distance à une variété est infiniment petite d'ordre au moins égal à k et non pas seulement d'ordre supérieur à $k-1$ est importante. C'est par erreur que j'ai cru pouvoir l'omettre dans ma Note précédente [1] : *les résultats y sont trop généraux pour être exacts mais ils le deviennent avec cette restriction.*

En prenant pour $\mathcal{F}(M)$ la fonction caractéristique d'un ensemble de (E), dont on ne considère que la limite 1, le théorème précédent nous donne l'énoncé par lequel il convient de remplacer celui qui porte sur les éléments de contact d'un ensemble euclidien. En particulier, sauf exception doublement rare linéairement, en un point M où un ensemble euclidien à trois dimensions E admet une tangente unique T, il admet un cercle osculateur dès qu'existe un demi-cône ouvert de sommet M, contenant l'une des deux demi-tangentes, à l'intérieur duquel les points de E ne conduisent pas à un cercle de rayon nul comme limite de cercle passant par l'un d'eux et tangent à T en M. De même, sauf exception doublement rare superficiellement, en un point M où E admet un plan tangent P, il admet l'élément de contact du second ordre d'une quadrique dès qu'existe un demi-cône ouvert de sommet M, contenant une demi-droite de P, à l'intérieur duquel les points de E ne conduisent pas à une sphère de rayon nul comme limite de sphère passant par l'un d'eux et tangente à P en M.

Quant à l'énoncé sur les différentielles successives d'une fonction, il convient de le remplacer par le suivant :

---

(1) *Comptes rendus*, **203**, 1936, p. 909.

THÉORÈME. — *Sauf peut-être en des points m dont l'ensemble dans l'espace (e) des variables est de mesure nulle et de première catégorie, une fonction réelle de variables réelles f(m) admet une différentielle d'ordre k dès qu'existe dans (e) un demi-cône de sommet m à l'intérieur duquel f admet en m une différentielle d'ordre k — 1 dont la différence avec f, par rapport à la distance à m, est infiniment petite d'ordre au moins égal à k (et non pas seulement d'ordre supérieur à k — 1 comme c'est la définition).*

Grâce aux relations de Cauchy, satisfaites dès qu'existe la différentielle première, *le théorème est valable pour les fonctions complexes de variables complexes*, les différentielles étant des polynomes par rapport aux accroissements des variables complexes et (*e*) l'espace cartésien réel obtenu en dédoublant ces variables. Ainsi, par ce cas très particulier du théorème sur la manière dont sont atteintes, en un point de l'espace euclidien, les limites d'une fonction abstraite de ce point, se trouve étendue aux fonctions arbitraires de plusieurs variables complexes et doublée d'une exception topologique, l'exception métrique donnée par M. Arnaud Denjoy pour les fonctions continues d'une variable réelle dans son récent Mémoire sur l'intégration des coefficients différentiels d'ordre supérieur [1].

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Propriétés caractérisant la mesurabilité des fonctions multiformes et uniformes des variables réelles.* Note de M. **ALEX. FRODA**, présentée par M. Émile Borel.

I. *La condition nécessaire et suffisante pour qu'une fonction uniforme, finie ou non f(P) à n variables réelles, définie dans un intervalle Δ_n soit mesurable, c'est que tout ensemble mesurable* M *et de mesure non nulle de Δ_n possède un sous-ensemble parfait π de mesure non nulle, tel que l'oscillation de f(P) sur π en chaque point de π, soit inférieure à une constante positive η* [2].

Supposons en effet par absurde, $f(P)$ non mesurable. Il existe un γ, tel que $E = E[f < \gamma]$ soit non mesurable, en même temps que $E'' = cE$, complémentaire de E en Δ_n. On prouve l'existence d'un $\gamma' < \gamma$ tel que,

---

[1] A. DENJOY, *Fundamenta Mathematicæ*, 25, 1935, p. 293.

[2] Il y a un théorème de M. N. LUSIN, *Comptes rendus*, 154, 1912, p. 1688, donnant une autre condition de mesurabilité pour les fonctions finies. Dans cette classe il y a évidemment équivalence de résultats, mais pour passer directement de la condition suffisante ci-dessus à celle de M. Lusin, on doit faire appel au transfini.

si $E' = E[f < \gamma']$ l'on ait $m_e E' + m_e E'' > \text{mes}\,\Delta_n$. Prenons un $\eta < \gamma - \gamma'$ et $\eta > 0$. Soient G' et G'' mesurables, tels que $G' > E'$, $G'' > E''$, $\text{mes}\,G' = m_e E'$, $\text{mes}\,G'' = m_e E''$. On pose $M = G'G''$, il y a $\text{mes}\,M > 0$ et si π est parfait, tel que $\pi < M$, l'oscillation de $f(P)$, en tout point de π, sur π, dépasse η, ce qui prouve la condition suffisante.

La condition nécessaire résulte directement de l'égalité $M = \Sigma M E_k$, où $E_k = E[\alpha_k \leqq f < \alpha_{k+1}]$ et $(\alpha_{k+1} - \alpha_k) > \eta > 0$ ($k = 0, \pm 1, \pm 2, \ldots$). De $\text{mes}\,M > 0$ et de la mesurabilité de $f(P)$, il résulte l'existence d'un ME_k, donc d'un π tel que $\text{mes}\,\pi > 0$ et que l'oscillation de $f(P)$ sur π soit inférieure à η. C. Q. F. D.

Convenons d'appeler une fonction multiforme $f(P)$ à n variables réelles, *non-mesurable au sens fort*, lorsque l'un au moins des ensembles $E[\alpha < f_0(P) < \beta]$ est non-mesurable, où $f_0(P)$ désigne l'une au moins des valeurs que prend $f(P)$ au point P.

Définissons en général par $d(E_1, E_2)$ *la distance entre deux ensembles* E_1 *et* E_2, comme la borne supérieure des distances d'un point P_1 (respectivement P_2) d'un de ces ensembles E_1 (respectivement E_2) à l'autre, c'est-à-dire à E_2 (respectivement E_1). Si Γ' et Γ'' désignent les ensembles des valeurs que $f(P)$ prend en deux points quelconques P' et P'' de l'ensemble parfait π de δ_n, voisinage d'un point $\mathfrak{P}$ de π, on définit l'oscillation de $f(P)$ sur π au point $\mathfrak{P}$ par $\omega[f, \pi, \mathfrak{P}] = \text{borne inf}\, d(\Gamma', \Gamma'')$.

II. *La condition nécessaire et suffisante pour qu'une fonction multiforme $f(P)$ bornée, définie dans un intervalle Δ_n, soit non-mesurable au sens fort, c'est qu'elle possède sur tout ensemble parfait π de mesure non-nulle, appartenant à un certain ensemble* M, *mesurable et de mesure non-nulle, un point $\mathfrak{P}$, où l'oscillation de $f(P)$ sur π soit supérieure à une certaine constante positive η.*

C'est la proposition contraire de I, dans la classe des fonctions uniformes et bornées. Une différence essentielle, dans la démonstration, n'est à signaler que pour la condition suffisante. On divise l'intervalle (a, b), contenant les valeurs de $f(P)$ en Δ_n, en un nombre *fini* d'intervalles $\delta_k = (\alpha_k, \alpha_{k+1})$, $k = 1, 2, \ldots, p$, tels que $\text{mes}\,\delta_k < 1/2\eta$. On pose

$$E_k = E\left[\alpha_k - \frac{1}{4}\eta < f_0(P) < \alpha_{k+1} + \frac{1}{4}\eta\right]$$

le complémentaire de E_k en Δ_n, soit cE_k. En désignant par G_j chaque terme obtenu en effectuant le produit $(E_1 + cE_1)(E_2 + cE_2) \ldots (E_p + cE_p)$, il existe au moins un MG_j de mesure non nulle et soit π parfait, contenu en

ce MG_j et tel que mes $\pi > 0$. Si P′ et P″ sont deux points quelconques de π, il existe deux valeurs $f_0(P')$ et $f_0(P'')$ contenues en $[\alpha_k - 1/4\eta, \alpha_{k+1} + 1/4\eta]$, donc *a fortiori* $d(\Gamma', \Gamma'') \leqq \eta$ et $\omega[f, \pi, \mathfrak{T}] \leqq \eta$, en tout point $\mathfrak{T}$ de π.

Remarquons que la condition nécessaire subsiste, lorsque $f(P)$ est finie ou non. Au contraire, on peut montrer à l'aide d'un exemple qu'une fonction multiforme, même finie, mais non bornée, peut être en même temps *mesurable au sens fort* (¹), c'est-à-dire telle que chaque $E[\alpha \leqq f_0(P) \leqq \beta]$, où $\alpha \leqq \beta$, soit mesurable, et que l'on ait tout de même en chaque point $\mathfrak{T}$ et par rapport à tout ensemble parfait π le contenant, $\omega[f, \pi, \mathfrak{T}] > \eta > 0$.

MÉCANIQUE. — *Sur certaines classes de réducteurs d'oscillations des arbres de machines.* Note (²) de M. **Bernard Salomon**, présentée par M. Émile Jouguet.

1. *Réducteurs d'oscillations et analogies électromécaniques.* — Nous avons indiqué (³), dans le cadre des analogies électromécaniques, diverses propriétés du gyroscope, dans lesquelles des facteurs corrélatifs de facteurs classiques de l'électrotechnique jouent un rôle essentiel. Il en sera de même ici, pour celles de certains réducteurs dynamiques (R), que nous avons appliqués à des types variés de machines, soit pour réduire des vibrations, et, notamment des oscillations de torsion, soit pour améliorer leur régularité de vitesse, quand les arbres se comportent comme pratiquement rigides et dénués d'oscillations de torsion. *Il est utile de considérer, d'abord, ce dernier cas, qui sera l'objet de la présente Note.*

2. *Réducteurs dynamiques et amortisseurs à friction.* — On connaît depuis longtemps des systèmes à masses auxiliaires mobiles, soumises aux forces centrifuges, et éventuellement à l'action de ressorts (réducteurs dynamiques), ou *couplées* par le seul frottement avec l'arbre de machine (amortisseurs à friction). Nous avons étudié divers systèmes (R) de masses mobiles rappelées, sans intervention de ressorts, par les forces centrifuges, et oscillant avec des frottements aussi faibles que possible (⁴), les caractéristiques géométriques et dynamiques réalisant, compte tenu du couple perturbateur correspondant, une certaine condition d'*accord*.

(¹) Ce qui entraîne aussi la mesurabilité de chaque $E[\alpha < f_0(P) < \beta]$.

(²) Séance du 30 novembre 1936.

(³) *Comptes rendus*, **176**, 1923, p. 661; **186**, 1928, p. 358; **189**, 1929, p. 354.

(⁴) Au moins, en général.

Cet *accord* implique une valeur optima pour le *module de résonance* ε, défini plus loin. Les figures 1 et 2 concernent des formes particulières de masses complètement libres sur leurs chemins de guidage. Celle de la figure 1 a été appliquée à des moteurs de types divers et à des compresseurs. Celle de la figure 2 à des moteurs d'automobile. Les masses m, m_1, m_2 oscillent, sous l'action du couple perturbateur auquel elles correspondent respectivement, en roulant sur des chemins cylindriques C, convexes (*fig.* 1) (où ce sont de simples axes) ou concaves (*fig.* 2).

3. *Diagrammes des accélérations angulaires. Facteurs caractéristiques.* — Les équations du régime permanent, au deuxième ordre près en θ (angle d'écart d'une masse) sont parallèles à celles d'un système électrique à

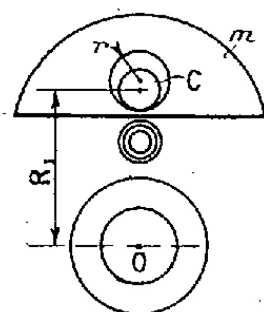


Fig. 1.

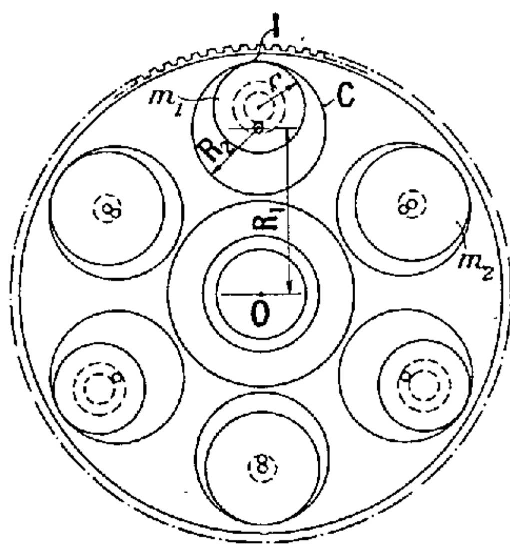


Fig. 2.

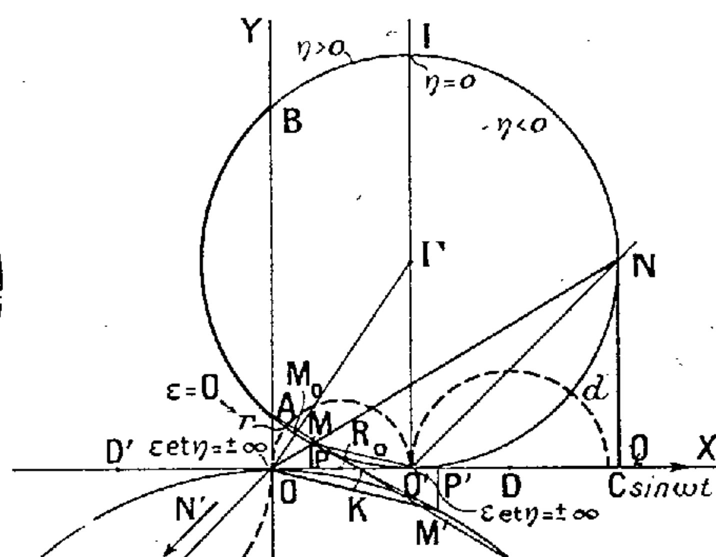


Fig. 3.

secondaire résonnant couplé par induction mutuelle avec le primaire (couple de frottement sur les masses supposé de la forme $-R_2\theta'$); α'' étant l'accélération angulaire primaire (celle de l'arbre) et $C\sin\omega t$ le couple perturbateur, elles sont de la forme

$$\lambda_1\alpha'' + \mu\theta'' = C\sin\omega t,$$
$$\mu\alpha'' - \varepsilon\lambda_2\theta'' + R_2\theta' = 0.$$

Les facteurs caractéristiques sont : le coefficient de couplage $\mu^2/\lambda_1\lambda_2$,

que nous poserons égal à $1-\sigma$ (σ analogue au *coefficient de dispersion*), le module de résonance : $\varepsilon = 1/\gamma\lambda_2\omega^2 - 1$ ($1/\gamma$ correspondant à $1/C$ de l'électrotechnique), $\eta = \varepsilon + 1 - \sigma$, et $\operatorname{tang}\beta = \lambda_2\omega/R_2$.

Les masses mobiles modifient, en fonction de ε, l'impédance mécanique du système. Le cercle Γ (*fig.* 3) est, en fonction de ε, le diagramme de α''.

Le point $O'(\overline{OO'} = C/\lambda_1)$ correspond au cas d'un rotor *ordinaire* de même moment d'inertie total λ_1; $|\alpha''|$ est minimum en M_0 sur $O\Gamma$, pour une valeur positive de ε, généralement très faible, et $|\alpha''|$ peut être alors très inférieure à $\overline{OO'}$. L'abscisse de l'affixe M peut être négative pour un couple de viscosité suffisamment faible ($\operatorname{tang}\beta \geqq 2/1-\sigma$).

4. *Faisceau des cercles* $\Gamma(R_2)$ *et cercles orthogonaux lieux des points :* $\varepsilon = \text{const.}$ — Le diamètre $(1-\sigma)\operatorname{tang}\beta\, C/\lambda_1$ de Γ varie avec R_2 (coefficient du couple de viscosité) pour ω donné. L'affixe de $\overline{\alpha''}$, pour ε donné, décrit le demi-cercle [orthogonal aux cercles $\Gamma(R_2)$] passant en O' et au point $(\varepsilon/\eta . C/\lambda_1, O)$.

En particulier, le lieu des points : $\varepsilon = 0$ (*résonance*) *est le demi-cercle de diamètre* OO'.

5. *Cas des amortisseurs à viscosité* (1) (*sans rappel*). — C'est le cas *très particulier* de $\varepsilon = -1$. Le lieu est un demi-cercle D *situé à droite de* O' et passant par le point $(1/\sigma . C/\lambda_1, O)$.

6. *Réducteurs* (R) *et autres réducteurs dynamiques.* — Des diagrammes analogues correspondent à de nombreux réducteurs, y compris certains réducteurs à ressorts; mais, pour ces derniers, ε dépend de ω. En l'absence de ressorts, au contraire, ε dépend de ω/Ω (Ω, vitesse angulaire de l'arbre) souvent constant dans les applications; ε devient indépendant de Ω, propriété précieuse. Pour $R_2 = 0$, Γ dégénère en Ox; $\varepsilon = 0$ donne évidemment $\alpha'' = 0$.

7. *Diagrammes secondaires.* — Aux cercles précédents, correspondent, pour θ'', des cercles homothétiques, avec centre K et rapport $-\lambda_1/\mu$.

---

(1) En fait, ces amortisseurs ne se montent pas sur arbres rigides, mais nous nous plaçons ici à un point de vue général.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur le rapport λ/h des tourbillons en bandes longitudinales.* Note de M. **Douchan Avsec**, présentée par M. Henri Villat.

On désigne, suivant la notation de H. Bénard, par λ la largeur totale de deux rouleaux jumeaux, formant un seul tourbillon en bandes, et par h l'épaisseur des rouleaux, déterminée par l'épaisseur de la couche de fluide au sein de laquelle ils prennent naissance.

Ce qui nous intéresse tout d'abord, c'est la valeur du rapport λ/h. D'après la théorie de Lord Rayleigh ce rapport serait égal à 2 en première approximation, et cela pour n'importe quel fluide et pour n'importe quelle épaisseur.

Les résultats expérimentaux sont assez différents. T. Terada et ses élèves ([1]) ont expérimenté avec de l'alcool, dont la surface se refroidissait par simple évaporation, et avec de l'eau, chauffée par en dessous. Ces expériences ont montré les deux faits suivants :

1° Le rapport λ/h varie avec l'épaissaur de la lame liquide;

2° Le rapport λ/h dépend de la nature physique du fluide en jeu.

Nous avons entrepris un travail analogue pour le cas de l'air ([2]), en faisant varier l'épaisseur de la lame de 1 à 5^{cm} ([3]). Dans ces conditions, nous avons trouvé les résultats suivants :

1° le rapport λ/h est toujours supérieur à 2;

2° il y a une tendance nette à l'augmentation de ce rapport quand l'épaisseur h va en croissant : donc les rouleaux s'aplatissent de plus en plus;

3° le nombre de rouleaux longitudinaux est toujours pair; quand il y en a, en apparence, un nombre impair, on peut toujours découvrir l'apparition d'un rouleau complémentaire, soit la disparition d'un rouleau superflu;

4° le nombre de rouleaux possibles, pour une largeur donnée du canal, est indépendant de la différence des températures des deux plaques limitantes (à condition que cette différence dépasse la valeur minima, néces-

---

([1]) *Rep. Aer. Inst.*, Tôkyô, 3, 1928, p. 3-16.

([2]) Comme indicateur des formations tourbillonnaires nous avons utilisé la fumée de tabac.

([3]) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 532.

saire à la formation tourbillonnaire, et ne dépasse pas une autre valeur à partir de laquelle un mouvement tourbillonnaire désorganisé vient remplacer le mouvement organisé);

5° le nombre de rouleaux variait d'une expérience à l'autre, par conséquant le rapport λ/h variait également. On peut donner à ce sujet des précisions intéressantes.

On a répété la même expérience, dans les mêmes conditions, 5 à 10 fois. On pouvait observer que le nombre des rouleaux n'était pas toujours le même, mais chaque formation, une fois établie, persistait indéfiniment; donc chacune de ces formations était complètement *stable*.

C'est un fait qui n'est pas d'accord avec la théorie de Lord Rayleigh, qui ne prévoyait qu'une seule solution. Au contraire, les expériences sont en pleine concordance avec les résultats théoriques de P. Vernotte (¹), d'après lequel des solutions multiples sont possibles.

Nous avons cherché pourquoi l'on obtient, dans des conditions identiques, un nombre variable de rouleaux. Il semble que l'on doit faire intervenir le rôle des perturbations initiales, dues au hasard. Il a fallu éviter ces perturbations accidentelles en provoquant artificiellement des perturbations régulières.

Pour assurer un nombre imposé de rouleaux, il a suffi de diviser la couche gazeuse à son entrée dans la chambre d'expériences en tranches parallèles, à l'aide d'un distributeur, confectionné en carton. Chaque compartiment du distributeur (n'ayant d'ailleurs qu'une longueur de 12^{cm} sur une longueur totale de 130^{cm} du canal) déterminait l'origine de *deux* rouleaux jumeaux constituant *un* tourbillon en bandes.

Dans ces conditions, les rouleaux deviennent extrêmement réguliers et, de plus, on peut imposer leur nombre arbitrairement, au moins entre certaines limites : doubler ce nombre ne présente aucune difficulté.

Plus tard nous avons trouvé qu'il suffisait de placer à l'entrée du canal des obstacles solides très petits pour assurer la régularité et déterminer le nombre de rouleaux. Dans le cas de l'épaisseur de 40^{mm}, on a placé à l'entrée dans le canal des petits isolateurs en porcelaine (diamètre 10^{mm}; hauteur 10^{mm}) : de suite des bandes régulières se sont formées, la largeur de deux rouleaux jumeaux λ étant imposée par l'intervalle de deux isolateurs consécutifs. En arrière de chaque obstacle se forme une sorte de sillage, marqué par les crêtes blanches de la fumée de tabac. Ces crêtes se

(¹) *Comptes rendus*, **203**, 1936, p. 43.

propagent tout le long du canal et déterminent les parois de séparation entre deux tourbillons en bandes contigus. Le mécanisme du développement est identique à celui qui a été décrit dans une Note précédente [1]. Ainsi, on a pu obtenir des rapports λ/h variant de 1,35 à 5. Il faut remarquer que les formations correspondant aux valeurs extrêmes 1,35 et 5 sont peu stables : une petite perturbation accidentelle en aval du canal peut provoquer suivant le cas, soit la diminution, soit l'augmentation du nombre des rouleaux.

En résumé, on peut admettre que le canal peut se diviser en un nombre quelconque de rouleaux. Chacune de ces formations est bien stable, mais elles n'ont pas le même degré de stabilité. Il est très probable que la formation la plus stable sera la plus fréquente, les autres étant menacées d'être détruites par les moindres perturbations accidentelles.

DYNAMIQUE DES FLUIDES. — *Importance du nombre de Reynolds dans les essais sur petits modèles.* Note [2] de M. **Jean Labat**, présentée par M. Henri Villat.

Je me suis proposé de voir, sur divers profils d'ailes, si le champ aérodynamique autour de ces profils évolue avec le nombre de Reynolds, R, et, dans l'affirmative, de préciser pour quelles valeurs de R peuvent se rencontrer des régimes *critiques*, c'est-à-dire présentant une variation brutale dans la forme des lignes de courant.

1. J'ai donc chronophotographié, au moyen de particules d'Al en suspension dans un courant d'eau, l'écoulement autour d'un profil mince à intrados plat (P.Z.L-D.J3), d'un profil à double courbure (Abrial 3), et de deux profils épais biconvexes (mâts fuselés n^{os} P.S. 438 et P.S. 439).

Pour tous ces profils, l'évolution générale du champ a la même allure : on observe, chez tous, pour une valeur du nombre de Reynolds voisine de 100000 un régime critique.

Quand R, augmentant, passe par la valeur critique :

a. La largeur du sillage diminue et le point d'arrêt $\mathcal{N}$, pour les incidences positives, s'éloigne du bord d'attaque, entraînant une modification de la courbure des lignes de courant tant sur l'intrados que sur l'extrados.

---

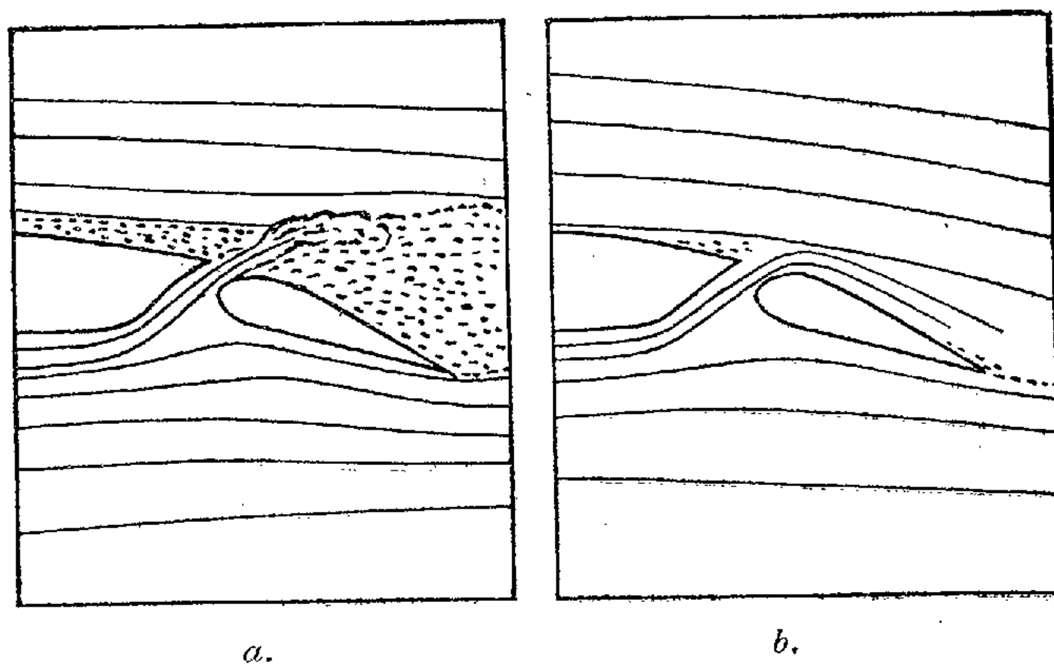
(1) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 556.

(2) Séance du 7 décembre 1936.

b. L'incidence entraînant le décollement à proximité immédiate du bord d'attaque et correspondant, par suite, au C_z maximum augmente de 5° environ.

2. Soit maintenant un profil Bréguet (R. 135/A) avec aileron à fente. L'aileron étant abattu de 20°, calons le profil à l'incidence de 4°, et opérons avec différentes valeurs de R.

Si R est inférieur à 150000 environ, il jaillit de la fente, entre l'aile et l'aileron, un jet qui s'écarte nettement de l'extrados. Ce jet brise le courant général et provoque sur presque tout l'extrados l'apparition d'un large sillage dont la partie amont est au voisinage immédiat du bord d'attaque de l'aile (schéma *a*). Pour les faibles valeurs du nombre de Reynolds, l'aileron à fente est donc nettement hyposustentateur.



a. *b*.

Quand R dépasse 150000 le courant général d'extrados rabat, sur l'aileron, le jet qui aspire dès lors les sillages qui pourraient s'amorcer sur l'extrados; le courant général contourne exactement celui-ci (schéma *b*); pour les fortes valeurs du nombre de Reynolds le dispositif est hypersustentateur.

Il s'agit bien, dans ce phénomène, d'un effet de jet aspirateur; si, en effet, en conservant la même courbure générale, on réduit la largeur de la fente entre l'aileron et le corps de l'aile, il arrive un moment où, l'aspiration cessant, un sillage s'établit sur l'extrados où il débute au voisinage immédiat du maître-couple.

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur la structure de l'écoulement général autour d'une hélice.* Note [1] de M. **Charles Chartier** présentée par M. Henri Villat.

J'ai étudié [2] l'écoulement entre les surfaces de confluence dans le cas d'une hélice marine tripale propulsive, la présente Note étudie les surfaces générales d'écoulement à l'aval d'une hélice.

En régime permanent le passage des pales en un point donné produit une perturbation périodique dans le temps : on peut penser qu'à l'aval de l'hélice fonctionnant, soit en propulseur, soit en moulinet, l'écoulement présentera une structure hélicoïdale dont la périodicité sera déterminée par la vitesse de l'eau à travers l'hélice et par la vitesse de rotation de cette dernière. C'est en particulier le cas des surfaces de confluence. Si par conséquent on coupe l'écoulement par un plan passant par l'axe de l'hélice, on peut s'attendre à trouver, lorsqu'on se déplace parallèlement à l'axe de l'hélice, de véritables cloisons entre lesquelles se trouveront les écoulements correspondant aux entrepales 1 et 2, puis 2 et 3, etc. C'est ce que l'on peut effectivement remarquer sur nos chronophotographies.

I. Raisonnons sur les hélices fonctionnant en moulinet :

a. Les surfaces de confluence ont une forme qui dépend des caractéristiques des pales. Leur épaisseur croît avec l'avance [3] de fonctionnement. Pour une même avance elles diminuent d'ailleurs à mesure qu'on s'éloigne des pales et elles disparaissent à des distances de l'ordre du diamètre de l'hélice. Elles sont pratiquement négligeables à l'avance nulle.

b. Les surfaces de confluence se déforment en fonction des vitesses reçues en chacun de leurs points. Leurs sections moyennes dans des plans passant par l'axe de l'hélice sont concaves dans le sens de l'écoulement. Cette concavité croît avec l'avance de fonctionnement. Leurs déformations peuvent donc d'une part donner l'allure des courbes de variation des vitesses relatives W/W_∞ dans un même écoulement et d'autre part permettre de comparer des écoulements entre eux.

---

(1) Séance du 7 décembre 1936.

(2) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 1232.

(3) C'est-à-dire, avec les mêmes notations que la Note précédente (*loc. cit.*) :

$$y = \frac{W_\infty}{nh} - 1.$$

La figure 1 représente le champ hydrodynamique autour d'une hélice marine tripale moulinet avec une avance de 30 pour 100. On remarquera

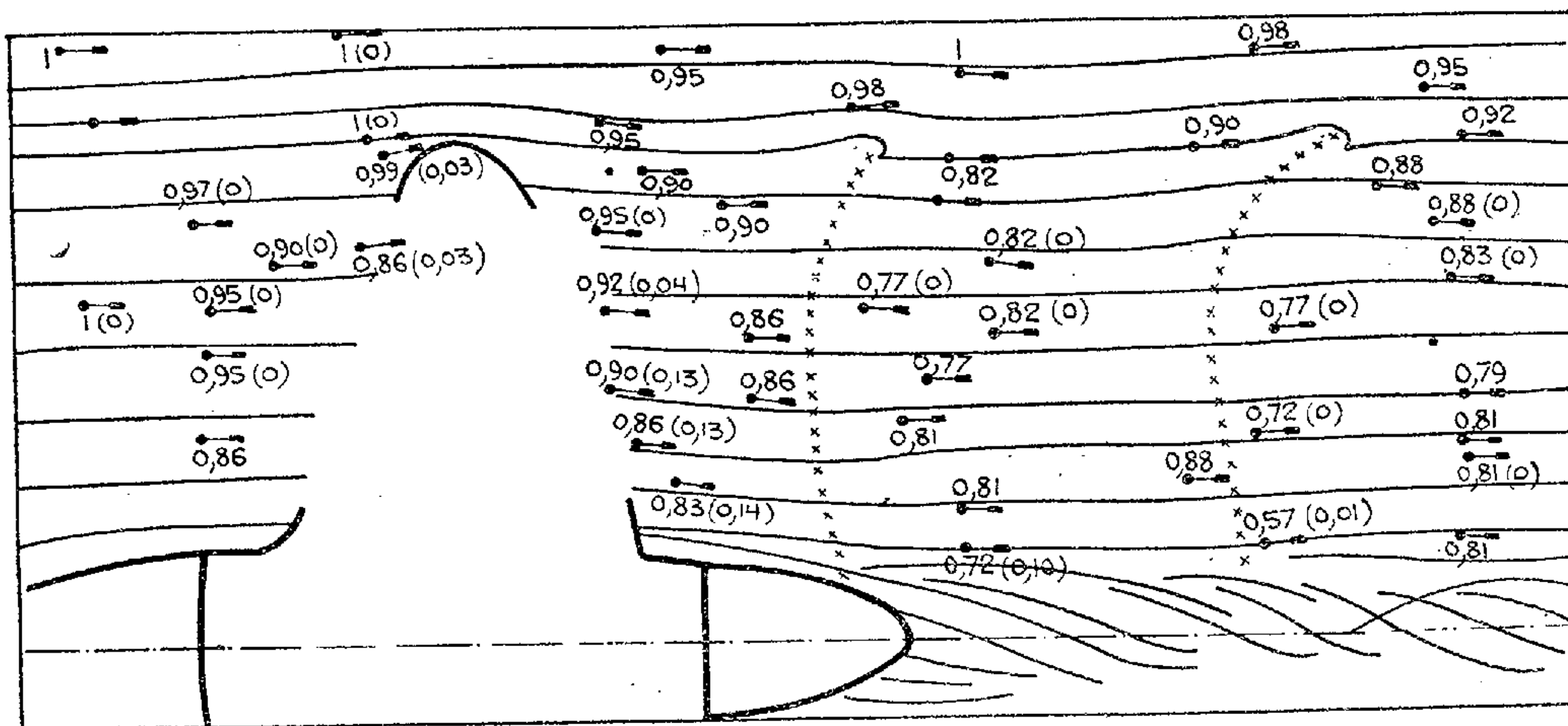


Fig. 1. — En projection les résultantes des vitesses radiales et axiales.
En cotes ( ), les vitesses tangentielles.

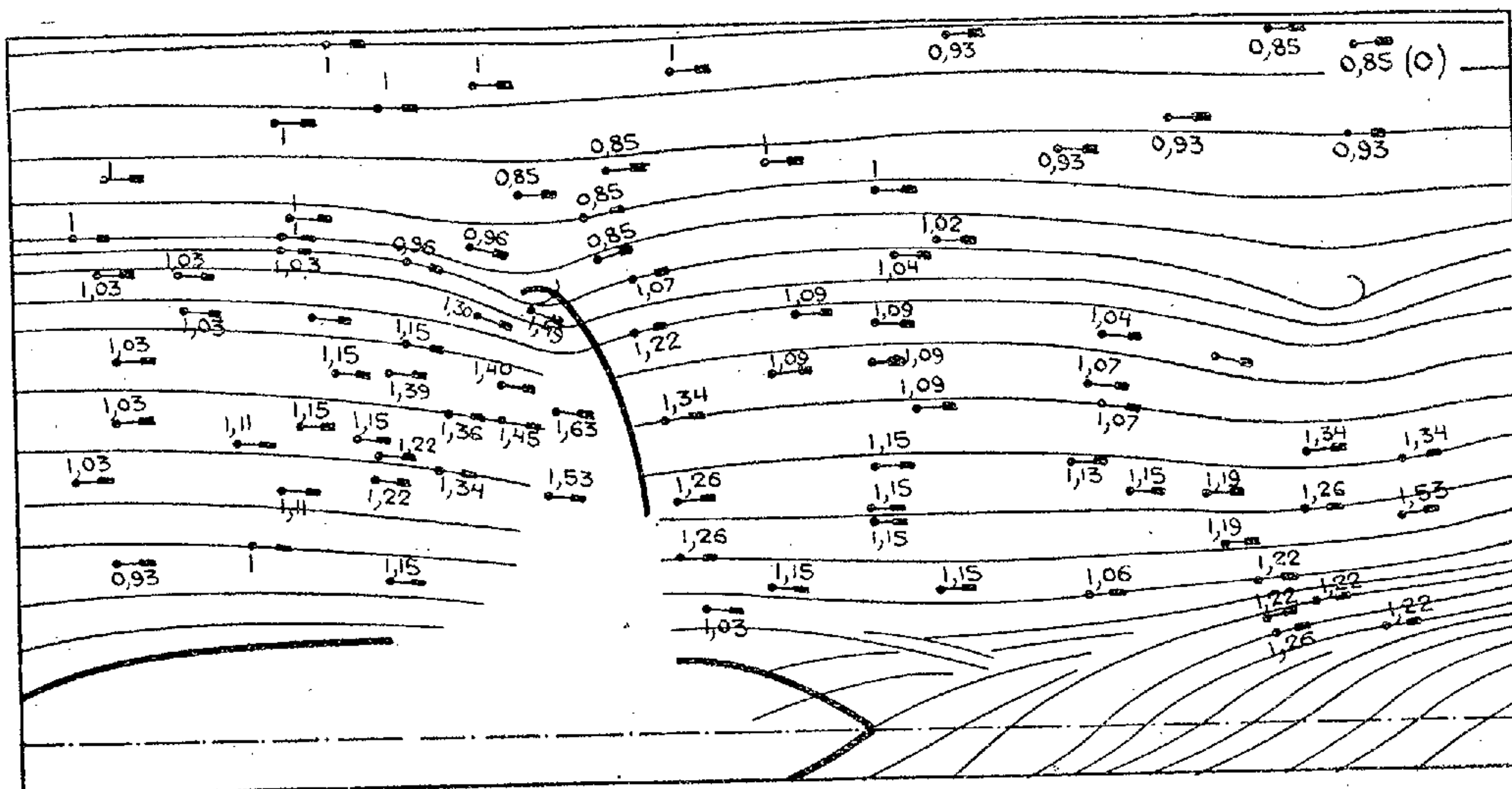


Fig. 2. — En projection les résultantes des vitesses radiales et axiales.

qu'à l'aval les lignes de courant ainsi que le tourbillon d'ogive sont inclinés en sens inverse du sens de rotation de l'hélice.

c. Les surfaces de confluence se terminent par les tourbillons (¹) d'extré-

---

(¹) Ce mot est pris dans son sens vulgaire et ne préjuge en rien quant à l'existence de mouvements rotationnels.

mité des pales. Le pas réduit h/D de l'axe hélicoïdal de ces tourbillons est une fonction linéaire de W_x/nD. Leur intensité décroît avec l'avance de fonctionnement et tend vers zéro pour l'avance nulle.

Leur sens d'enroulement est de sens contraire à celui de l'hélice propulsive, alors que le sens de propagation suivant leur axe hélicoïdal est dirigé vers la pale dans les deux cas de fonctionnement.

II. La description des phénomènes pour l'hélice moulinet vaut encore pour l'hélice propulsive à condition de changer *avance* par *recul*, et surface de confluence *concave* par surface de confluence *convexe*.

III. Dans le cas d'une hélice à n pales, les surfaces de confluence sont au nombre de n; les phénomènes se produisent évidemment avec une périodicité n fois plus grande que pour une hélice monopale.

La figure 2 représente la restitution de l'écoulement autour d'une hélice marine monopale propulsive avec un recul de 35 pour 100, phase 0°, qu'on pourra rapprocher de la figure de la Note précédente (*loc. cit.*) correspondant à une hélice marine tripale dans les mêmes conditions de fonctionnement.

HYDRAULIQUE. — *Sur la propagation des intumescences vers l'aval ou l'amont des rivières.* Note [1] de M. **L. Cagniard**, présentée par M. Henri Villat.

La propagation d'une intumescence de faible amplitude le long d'une rivière large a fait l'objet d'une belle étude théorique de M. P. Massé [2]. Dans un système particulier d'unités, le surdébit q doit satisfaire à « l'équation des intumescences »

$$-\frac{\partial^2 q}{\partial s^2}+2b\frac{\partial^2 q}{\partial s\,\partial t}+\frac{\partial^2 q}{\partial t^2}+3a\frac{\partial q}{\partial s}+2\frac{\partial q}{\partial t}=0$$

(t, temps; s, abscisse, positive vers l'aval; a, b, paramètres positifs). Pour $t=0$, q et $\partial q/\partial s$ sont nuls quel que soit $s>0$ (problème aval), ou quel que soit $s<0$ (problème amont). Enfin, pour $s=0$ et $t>0$, q est une fonction donnée $F(t)$.

La formule de M. Massé est malheureusement compliquée. Par une méthode d'intégration due à M. Hadamard, M. Ph. Deymié [3] a obtenu depuis lors une formule plus maniable. Je me propose de montrer que

---

(1) Séance du 7 décembre 1936.

(2) *Hydrodynamique fluviale*, Paris, 1935.

(3) *Rev. gén. de l'Hydraulique*, 1, 1935, p. 138.

cette formule permet de simplifier et de préciser la discussion de M. Massé. Je transcris d'abord avec de légères modifications la solution de M. Deymié. En posant

$$L=\frac{3a}{2}s;\qquad M=bs;\qquad N=\sqrt{b^2+1}\,|s|;\qquad v_0=N-M;$$

$$\gamma=\frac{2+3ab}{2(b^2+1)};\qquad \delta=\frac{\sqrt{4+12ab-9a^2}}{2(b^2+1)};\qquad i=\sqrt{-1};\qquad F'(t)=\frac{d}{dt}F(t);$$

$$[A(v)]_{v>v_0}=e^{L-N\gamma}+\delta N e^{L-M\gamma}\int_{v_0}^{v}\frac{e^{-\gamma v}}{\sqrt{(v+M)^2-N^2}}\left\{-iJ_1\left[i\delta\sqrt{(v+M)^2-N^2}\right]\right\}dv.$$

J_1 désignant la fonction de Bessel du premier ordre, on a

$$(1)\qquad \begin{cases} q=0 & \text{pour } t<v_0,\\ q=\displaystyle\int_{v_0}^{t}F'(t-v)\,A(v)\,dv & \text{pour } t>v_0\end{cases}$$

ou encore

$$(1\ bis)\qquad [q]_{t>v_0}=A(v_0+0)\,F(t-v_0)+\int_{v_0}^{t}F(t-v)\,A'(v)\,dv;$$

la formule (1 *bis*) n'exigeant plus, comme la formule (1), la continuité de $F(t)$ ni la nullité de $F(+0)$.

Il est intéressant d'introduire dans la discussion la notion d'excès d'eau écoulé E :

$$(2)\qquad E=\int_0^t q\,dt=\int_{v_0}^{t}q\,dt=\int_{v_0}^{t}F(t-v)\,A(v)\,dv,$$

et celle de surélévation h du niveau. $h(t, s)$ est lié à q par l'équation $\partial h/\partial t+\partial q/\partial s=0$ et satisfait à l'équation des intumescences. D'où, par une formule similaire à (1 *bis*),

$$(3)\qquad \begin{cases} [h]_{t>v_0}=A(v_0+0)\,H(t-v_0)+\displaystyle\int_{v_0}^{t}H(t-v)\,A'(v)\,dv,\\ H(t)=h(t,0)=F(t)\displaystyle\frac{\partial v_0}{\partial s}-\int_0^t F(t-v)\left(\frac{\partial A}{\partial s}\right)_{s=0}dv.\end{cases}$$

Comme $\partial v_0/\partial s$ et $(\partial A/\partial s)_{s=0}$ n'ont pas les mêmes valeurs dans les problèmes amont et aval, il existe deux fonctions $H(t)$:

$$[H(t)]_{\text{amont}}=-[H(t)]_{\text{aval}}-2b\,F(t)-3a\int_0^t F(t)\,dt.$$

Je ne dirai rien des conséquences les plus immédiates des formules ci-dessus, qui se prêtent du reste facilement à l'étude numérique complète du phénomène. En deux points situés l'un à l'aval, l'autre à l'amont, à

égale distance de l'origine, et à des époques également éloignées de l'instant v_0 de passage du front d'onde, les valeurs de E-amont, q-amont sont respectivement égales aux valeurs de E-aval, q-aval multipliées par $e^{-3a|s|}$. Cette loi de correspondance ne s'applique pas à la fonction h.

Lorsque v devient infini, $A(v)$-aval tend vers l'unité. De là résulte que si $F(t)$ finit par se fixer à une valeur constante q_f, la fonction q, lorsque t devient infini, tend aussi vers q_f en tout point-aval, et vers $q_f e^{-3a|s|}$ en un point-amont. Si $F(t)$ revient définitivement à zéro, l'effet de la perturbation étant de faire écouler un excès d'eau E_0, l'excès E écoulé en un point-aval tend asymptotiquement vers cette même valeur E_0, l'excès écoulé en un point-amont vers $E_0 e^{-3a|s|}$. Dans la première hypothèse, h tend vers $(2/3a)\, q_f$ en tout point-aval, ce qui signifie qu'un nouveau régime permanent uniforme tend à s'établir dans le bief aval. En un point-amont le phénomène est tout différent : suivant le signe de q_f, le niveau s'abaisse ou s'élève indéfiniment (solution purement formelle et inadmissible), la vitesse limite d'abaissement étant $3aq_f e^{-3a|s|}$. Dans la seconde hypothèse, h revient à zéro en tout point-aval; au contraire, en un point-amont, il subsiste après le passage de l'intumescence un remous d'abaissement $3E_0 a e^{-3a|s|}$ (d'exhaussement si $E_0 < 0$).

Il est aisé de dégager des formules ci-dessus l'allure limite des fonctions q, E, h lorsque $|s|$ croît indéfiniment. Les formules asymptotiques obtenues traduisent la loi des crues. Je me borne à écrire la formule limite représentant $A(v)$-aval :

$$|A(v)|_{\text{aval}} \sim \frac{1}{2}\left\{1 + \Theta\left[\sqrt{\frac{P}{s}}\left(v - \frac{2}{3}\frac{s}{a}\right)\right]\right\}$$

$$\left(P = \frac{27a^2}{4}\,\frac{1}{4 + 12ab - 9a^2};\ \Theta(z) = \frac{2}{\sqrt{\pi}}\int_0^z e^{-x^2}\,dx\right).$$

L'instant d'arrivée du front d'onde demeure toujours v_0, mais ce n'est cependant qu'au voisinage de l'instant ultérieur $2s/3a$ que la fonction $A(v)$ passe de valeurs très voisines de zéro à des valeurs très voisines de l'unité, autrement dit que se produit pratiquement la totalité du phénomène d'intumescence : l'onde de crue est une pseudo-onde, au même titre que l'onde progressive de Rayleigh en sismologie.

Comme l'avait pressenti Boussinesq, l'onde de crue-aval est un phénomène quasi permanent, c'est-à-dire qu'il existe entre h et q le même rapport constant $2/3a$ que dans le régime permanent uniforme. L'onde de crue-amont, au contraire, n'est pas un phénomène quasi permanent.

PHYSIQUE SOLAIRE. — *Le spectre de la couronne solaire en* 1936, *longueurs d'ondes et intensités des raies d'émission.* Note de M. **Bernard Lyot**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Pendant les mois de juin, juillet et août 1936, j'ai poursuivi, au Pic du Midi, les observations de la couronne solaire en dehors des éclipses faites l'été précédent dans cette station, en utilisant les appareils de 1935 ([1]) munis de perfectionnements de détails. Bénéficiant de 210 heures d'observation environ, avec un ciel généralement très transparent, j'ai obtenu 24 photographies différentes et 67 spectres de la couronne ainsi que 20^{m} de films cinématographiques montrant les mouvements des protubérances.

Spectrographe. — Le spectrographe à réseau plan muni de la chambre photographique de 1^{m} de foyer m'a permis de prendre plusieurs séries de clichés destinés principalement aux mesures de longueurs d'ondes, avec le troisième ordre, de 3300 à 3700 Å et de 3900 à 4350 Å, avec le deuxième ordre, de 5050 à 8600 Å, et un cliché avec le premier ordre, de 10200 à 11300 Å. Dans l'ultraviolet, les pièces optiques en verre, sauf les deux lentilles du coronographe, étaient remplacées par des pièces en quartz.

Dans l'infrarouge, au delà de 8600 Å, le foyer de 1^{m} nécessitait, par ciel pur, des temps de poses prohibitifs. J'ai utilisé, de 8600 à 11300 Å, la chambre de 35^{cm} de foyer et le premier ordre (dispersion 42 Å par millimètre) avec des temps de poses de 1 heure à 4 heures et, jusqu'à 12000 Å, l'objectif Cojean de $8^{cm},5$ de foyer (dispersion 170 Å par millimètre) avec des temps de poses allant jusqu'à 2 heures.

Tous ces clichés ont été obtenus en remplaçant la fente rectiligne du spectrographe par une fente circulaire à l'intérieur de laquelle on formait l'image du disque masquant le Soleil. La dimension de cette image était ajustée de manière que la fente coupe la couronne à 30″ du bord solaire environ, distance à laquelle les raies d'émission sont très intenses. Un obturateur placé après la fente permettait de masquer un de ses côtés pour diminuer la lumière du spectre continu. Avec ce dispositif, on pouvait photographier le spectre de la couronne ou de sa moitié Est ou Ouest simultanément pour toutes les latitudes inférieures au 70e degré.

Spectre de la couronne. — Les spectres montrent les raies solaires qui

([1]) *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 392 et 1259.

s'étendent d'un bord à l'autre, en forme d'arcs de cercle. Ils sont sillonnés, dans le sens de la dispersion, par des bandes lumineuses, les unes larges et floues, dues au spectre continu des jets coronaux, les autres plus étroites et bien délimitées, dues au spectre continu des protubérances. Sur les premières bandes, les raies coronales sont presque toujours très renforcées tandis que, sur les autres, les raies chromosphériques principales apparaissent avec une grande intensité et sont accompagnées parfois de nombreuses raies métalliques. Ces deux distributions complètement différentes permettent d'attribuer une raie d'émission avec certitude, soit à la couronne, soit à la chromosphère.

Les spectres montrent 10 raies appartenant à la couronne, dont 4 sont nouvelles.

Le tableau donne, pour chacune d'elles : la longueur d'onde λ moyenne des bords est et ouest en angströms internationaux, l'erreur probable Δλ, le nombre N de clichés utilisés pour les mesures de longueurs d'ondes, l'ordre P du réseau et la dispersion D en Å par millimètre, le temps de pose moyen T des clichés et l'intensité I de la raie mesurée au point où celle-ci est maximum et exprimée en millionièmes de celle de 1 Å du spectre continu solaire voisin.

λ.	Δλ.	N.	P.	D.	T.	I.
3388,10.......	±0,07	2	3e	5,2	0h35m	»
5116,03.......	±0,02	3	2	7,5	0.18	2,6
5302,86.......	±0,02	4	2	7,5	0.18	120
6374,51.......	±0,03	4	2	7,5	0.27	28
6701,83.......	±0,03	4	2	7,5	0.33	3,3
7059,62.......	±0,05	2	2	7,5	0.40	4
7891,94.......	±0,07	3	2	7,5	1	29
8024,21.......	±0,10	1	2	7,5	1	1,3
10746,80.......	±0,15	1	1	15	4.10	240
10797,95.......	±0,15	1	1	15	4.10	150

Les mesures de longueurs d'ondes ont été faites par M. Grenat, directement, en deux régions de chaque cliché situées de part et d'autre de l'équateur. Les intensités des raies principales (3388 exceptée) ont été mesurées sur une série de quatre spectres du 5 août, par comparaison avec les spectres de deux plages photométriques enregistrés sur chacune des plaques. Les raies faibles ont été ensuite comparées aux raies principales sur d'autres clichés.

Parmi les quatre raies infrarouges qui figurent sur le tableau, seule la

raie 7892 était connue. Je l'ai observée fréquemment en 1935 et l'on peut vraisemblablement l'identifier avec une raie photographiée par Babcock et Burns, vers 7876 Å, dans un spectre éclair pris à l'éclipse du 24 janvier 1925.

Les clichés de la raie 7059 ont été obtenus sur des plaques préparées par M. Calzavarra, le premier date du 8 juillet 1936. Ceux de la raie 7892 ont été pris sur plaques Infraguil; les trois meilleurs montrent la raie 8024, en particulier le premier datant du 4 juillet, pris avec une fente rectiligne, permet de suivre les deux raies jusqu'à 4',5 et 1',5 du bord solaire. Ceux des raies 10747 et 10798 ont été pris sur des plaques Eastman type Z hypersensibilisées à l'ammoniaque, le premier date du 16 juillet 1936. Ces deux dernières raies sont remarquablement intenses, même avec la dispersion de 170 Å par millimètre. Un cliché pris avec une fente rectiligne permet, bien qu'étant sous-exposé, de suivre la plus forte jusqu'à quatre minutes et l'autre jusqu'à deux minutes et demie du bord solaire.

Rotation de la couronne. — Les longueurs d'ondes de la raie 5303 aux bords est et ouest ont été comparées sur deux épreuves par sections. Neuf sections ont été mesurées. La longueur d'onde du bord ouest excède celle du bord est de 0,086 Å pour une épreuve et 0,064 Å pour l'autre, ce qui indique, pour la couronne, une vitesse de rotation voisine de celle du Soleil.

Les répartitions et les largeurs des raies coronales n'ont pas encore été déterminées.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Étude des variations du spectre de γ Cassiopeiæ.* Note (1) de MM. **Daniel Chalonge** et **Horia Safir**, présentée par M. Ernest Esclangon.

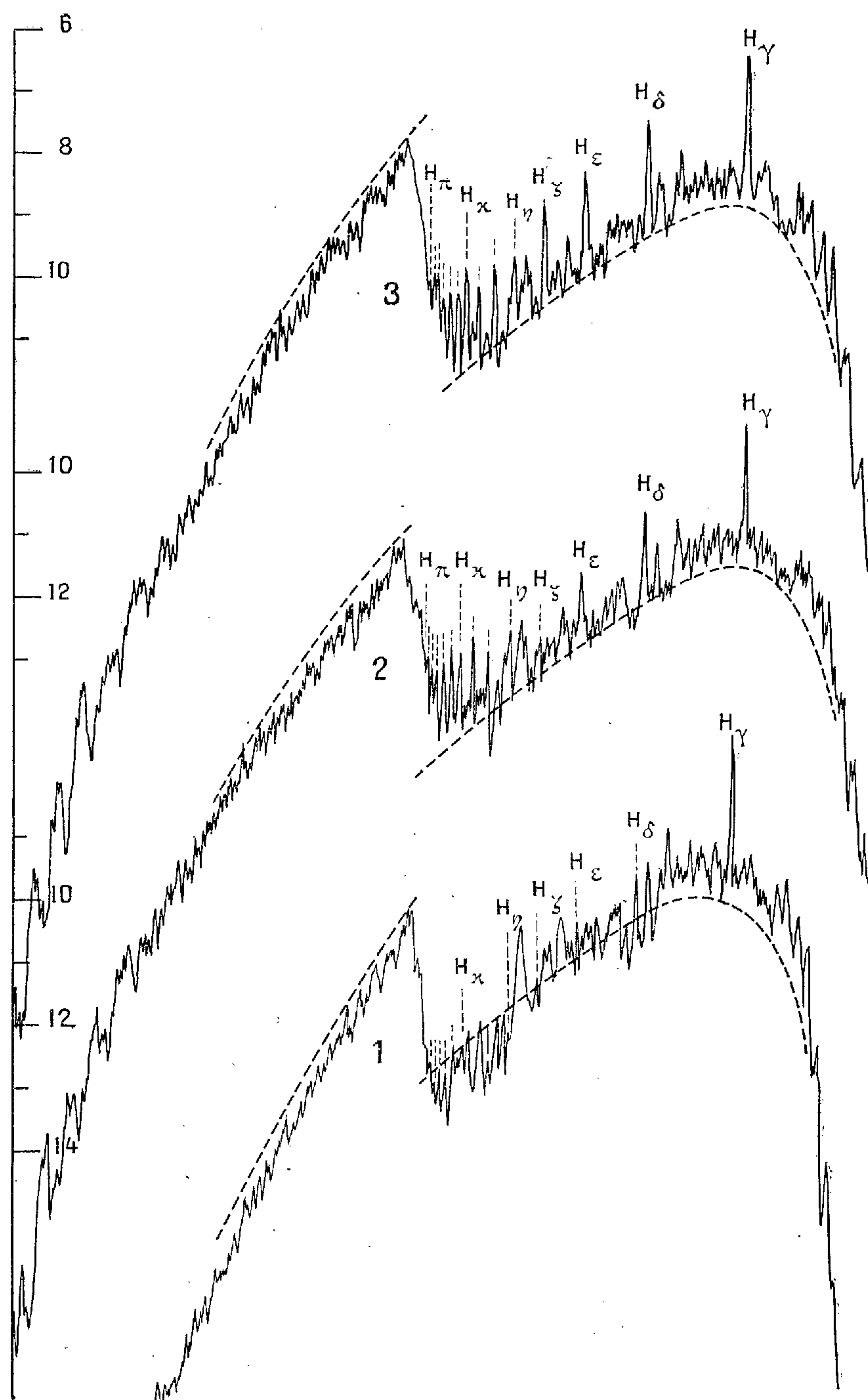
Depuis la fin de juillet dernier, époque à laquelle M. Baize signala une importante augmentation d'éclat de γ Cassiopeiæ (2), nous avons pris, à l'Observatoire de Paris, aussi souvent que les circonstances l'ont permis, des spectres de cette étoile, à l'aide du spectrographe astigmatique à optique de quartz et à prisme objectif qui a été décrit dans diverses publications (3). La présente Note résume les résultats auxquels nous a conduit une première étude de ces spectres.

---

(1) Séance du 30 novembre 1936.

(2) *L'Astronomie*, 50, 1936, p. 362.

(3) Voir, en particulier, Arnulf, Barbier, Chalonge et Mlle Canavaggia, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1488 et *Journal des Observateurs*, 19, 1936, p. 149. Ces deux publications contiennent tous les résultats concernant γ Cas., α Andr. et α Cygn. dont il est fait usage dans cette Note.



Les trois graduations de l'axe des ordonnées se rapportent à chacune des trois courbes, le zéro correspondant à la transparence nulle.

1° Du 31 juillet au 14 novembre (date de la dernière observation) le spectre de γ Cass. a subi des modifications, mais tout en conservant un aspect qui le différencie très nettement de son aspect antérieur : sa principale caractéristique est l'émission, devenue prépondérante, de l'hydrogène [1]. Les courbes 1, 2 et 3 permettent de juger de l'importance des changements survenus depuis juillet : elles représentent les enregistrements microphotométriques de trois spectres datant, le premier (courbe 1), du 18 août 1934, les deux autres respectivement du 18 août et du 14 novembre 1936. Alors que, sur la courbe 1, les raies de la série de Balmer apparaissent, au delà de H_γ et jusque vers $H_\varkappa$, en émission faible au centre de larges raies d'absorption, on peut voir sur les courbes récentes (telles que 2 et 3), au moins les 16 premières raies en forte émission. Un changement très net, survenu entre juillet et novembre, est la disparition progressive de la forte raie d'absorption 3388 de l'hélium : sa présence se manifeste, sur la courbe 2, par un grand affaiblissement de H_ξ (λ 3889), mais son importance avait déjà notablement diminué le 26 août, et sa disparition doit être à peu près complète le 14 novembre, la raie H_ξ apparaissant sur la courbe 3 avec son intensité normale.

2° L'une des grandeurs caractérisant l'émission continue de l'hydrogène à la fin de la série de Balmer est la quantité $D = \log I_1/I_2$ où I_1 et I_2 représentent les intensités, pour 3700 Å, des deux fonds continus ($\lambda > 3700$ et $\lambda < 3700$) marqués par des lignes pointillées sur les courbes. Sa mesure a pu être faite les 8, 10 et 14 novembre 1936 sur des plaques munies de spectres de gradation. La valeur de D a été trouvée égale à $-0{,}24$ alors qu'elle était $-0{,}13$ en septembre 1935 : cela dénote une forte augmentation de cette émission continue par rapport à celle qui existait à cette dernière date. D a pu être estimée, d'une façon moins sûre, sur des spectres pris le 9, le 26 et le 27 août 1936 : elle était de l'ordre de $-0{,}19$. L'émission aurait donc crû entre août et novembre.

3° L'intensité de la radiation 4250 a été mesurée les mêmes jours, par comparaison avec les quantités correspondantes de α Cygn. et α Andr., déterminées antérieurement en valeur absolue.

Cette quantité permet d'évaluer la magnitude photographique; du 8 au 14 novembre elle était de 1,8 et, le 9 et les 26-27 août, de l'ordre de 2, c'est-à-dire voisine de sa valeur habituelle.

4° Enfin nous avons pu faire une évaluation grossière des températures

---

(1) Fait déjà signalé par Chalonge, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 362.

de couleur T_1 et T_2 des deux parties du spectre ($\lambda > 3700$ et $\lambda < 3700$ Å) les 8, 10 et 14 novembre, par comparaison avec α Cygn. et α Andr. : nous trouvons des nombres voisins de 10000° alors que les déterminations de septembre 1935 étaient $T_1 = 12500°$ et $T = 14000°$. La diminution de T_2 s'explique très bien par le fort accroissement du spectre continu d'émission de l'hydrogène lié à la série de Balmer. Peut-être T_1 est-il modifié par l'émission continue qui doit accompagner la série de Paschen.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Relation entre la fonction d'action et la force qui agit sur l'électron.* Note de Mme **Marie-Antoinette Tonnelat-Baudot**, présentée par M. Louis de Broglie.

Par analogie classique Feenberg a proposé d'interpréter l'expression

$$f = p_{km}\varphi^k + f^{\star}_{km}\sigma^k_l$$

comme la force agissant sur l'unité de volume de l'électron (¹). Par ailleurs, il montre que f est représentée par

$$4\pi f = \frac{\partial}{\partial x^l}\frac{1}{2}\{(1+\mathrm{P})^{1/2} + (1+\mathrm{P})^{-1/2} - \mathrm{L}\} \qquad \text{avec} \qquad \mathrm{P} = \frac{1}{2}p^{\star}_{kl}p^{\star kl}.$$

Le calcul ne fait intervenir que le principe d'action minimum. Cela en négligeant les termes en $\mathrm{Q}^2(\mathrm{Q} = 1/4\, p^{\star}_{kl}p^{kl})$. Mais on peut tenir compte de ces termes et le calcul donne alors un résultat analogue

$$(1) \qquad 4\pi f = \frac{\partial}{\partial x^e}\frac{1}{2}\{(1+\mathrm{F}-\mathrm{G}^2)^{1/2} + (1+\mathrm{P}-\mathrm{Q}^2)^{1/2} \equiv \mathrm{L}\}$$

avec

$$\mathrm{F} = \frac{1}{2}f_{kl}f^{kl}, \qquad \mathrm{G} = \mathrm{Q} = \frac{1}{4}f_{kl}f^{\star kl}.$$

On pourrait écrire, en première approximation,

$$4\pi f = \frac{\partial}{\partial x^l}\frac{1}{2}\{(1+\mathrm{P}-\mathrm{Q}^2)^{1/2} + (1+\mathrm{P}-\mathrm{Q}^2)^{-1/2} - \mathrm{L}\}$$

et retrouver l'expression plus haut pour $\mathrm{G} = \mathrm{Q} = 0$. Le crochet du deuxième membre de (1) n'est autre que la fonction d'action reconnue par Infeld (²) comme la somme du lagrangien et de l'hamiltonien de Born :

(¹) *Phys. Rev.*, 47, 1935, p. 148.
(²) *Proc. of the Camb. Phil. Soc.*, 32, 1936, p. 127.

$T = L + H$. C'est encore la trace du tenseur impulsion-énergie ou le lagrangien de Schrödinger à une constante près ([1]) :

$$\mathcal{L} = \frac{\mathcal{F}^2 - \mathcal{G}^2}{(\mathcal{F}\mathcal{G})} = -i(L + H + 2) = -\frac{i}{2}(\text{Trace}\, T^{kl} + 4).$$

On aura donc

$$4\pi f = \frac{1}{2}\,\text{grad}\, T = \frac{1}{2}\,\text{grad}(L + H) = \frac{i}{2}\,\text{grad}\,\mathcal{L} = \frac{1}{4}\,\text{grad Trace}\, T^{kl}.$$

Si l'on interprète la trace du tenseur-énergie comme la densité propre d'énergie ([2]), la force qui agit sur la charge occupant le volume unité est égale au gradient de la densité propre d'énergie (ou gradient de la fonction d'action).

Enfin il résulte du principe d'action minimum :

$$\delta\int (L + H)\, d\tau = 0, \qquad d\tau = dx^1\, dx^2\, dx^3\, dx^4, \qquad \int_V f\, dV = 0.$$

La force totale agissant sur l'électron doit être identiquement nulle.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur l'interprétation de la phase dans les matrices de la mécanique quantique*. Note de M. **Paul Soleillet**, transmise par M. Pierre Weiss.

Il ne semble pas que l'on ait, jusqu'à présent, attaché à l'interprétation de l'argument des éléments des matrices de la mécanique quantique la même importance que celle qu'on attache à l'interprétation de leur module. Cette importance n'est pourtant pas négligeable.

Considérons en particulier les matrices qui représentent le moment électrique d'un système et dont nous représenterons les éléments par

$$X^{aa'}_{m,m'}, \quad Y^{aa'}_{m,m'}, \quad Z^{aa'}_{m,m'},$$

m et m' étant les nombres quantiques qui permettent de préciser l'un des niveaux contenus dans les états dégénérés a et a' de poids $2j+1$ et $2j'+1$. Si les matrices qui représentent les moments de quantité de mouvement

---

([1]) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1158.

([2]) L. de Broglie, *Cours prof. à l'Inst. H. Poincaré*, 1935-1936.

sont données par la solution ([1])

$$[M_x + iM_y]^{aa}_{m+1,m} = \frac{h}{2\pi}\sqrt{(j-m)(j+m+1)},$$

$$[M_z]^{aa}_{m,m} = \frac{h}{2\pi} m,$$

$$[M_x - iM_y]^{aa}_{m,m+1} = \frac{h}{2\pi}\sqrt{(j-m)(j+m+1)},$$

les seuls termes non nuls des matrices X, Y, Z seront donnés par

$$[X + iY]^{aa'}_{m,m-1} = C^{aa'}\varphi^{aa'}_1(m),$$

$$[Z]^{aa'}_{m,m} = C^{aa'}\varphi^{aa'}_2(m),$$

$$[X - iY]^{aa'}_{m,m+1} = C^{aa'}\varphi^{aa'}_3(m),$$

où les $\varphi^{aa'}_k(m)$ sont des *quantités réelles* ne dépendant en dehors de m que de j et de j' et vérifiant la relation $\sum_k \varphi^{2aa'}_k(m) = 1$.

Les carrés des modules des quantités $\varphi^{aa'}_k(m)$ s'interprètent comme probabilités relatives de passage du niveau (a, m) aux niveaux (a', m') avec $m' - m = k - 2$. L'interprétation du signe de ces quantités est moins évident. Ce signe n'est d'ailleurs pas fixé de façon absolue, puisque l'on peut choisir arbitrairement le signe de l'une des quantités, mais alors celui des autres est définitivement fixé.

Or, dans la théorie que nous avons faite de la cohérence des vibrations ([2]) dans la résonance optique (passage de a à a' par absorption et de a' à a'' par émission), nous sommes arrivé à la conclusion que, pour une vibration excitatrice caractérisée par les trois nombres imaginaires f_ε l'émission se déduisait de la composition de vibrations $\psi(m, m', m'')$ caractérisées par le nombre imaginaire

$$F^\psi = \Omega\varphi^{a'a}_\varepsilon(m')\,\varphi^{a'a''}_\eta(m')\,f_\varepsilon \exp(i\theta_\psi),$$

où

$$\varepsilon - 2 = m - m' \quad \text{et} \quad \eta - 2 = m'' - m',$$

θ_ψ étant une phase variant au hasard, avec la seule condition que, pour deux vibrations ψ_1 et ψ_2, $\theta_{\psi_1} = \theta_{\psi_2}$, si à la fois $m_1 = m_2$ et $m''_1 = m''_2$, et dans ces formules les φ doivent être précisément, et *avec leur signe*, les quantités ci-dessus définies. *Un changement non simultané des signes des φ conduirait à des résultats incompatibles avec les conditions de symétrie.*

([1]) M. Born et P. Jordan, *Elementare Quantenmechanik*, 1930.

([2]) P. Soleillet, *Journal de Physique*, 7, 1936, p. 77.

Il nous a paru intéressant de rechercher si la condition pour θ_ψ ne pouvait pas être trouvée plus simplement dans un emploi de quantités φ plus générales. Le caractère de *réalité* de ces quantités provient en effet de la solution particulière réelle choisie pour les matrices M. Nous avons en effet la solution plus générale

$$[M_x + iM_y]^{aa}_{m+1,m} = \frac{h}{2\pi} \exp[i(\theta^a_{m+1} - \theta^a_m)] \sqrt{(j-m)(j+m+1)},$$

$$[M_z]^{aa}_{m,m} = \frac{h}{2\pi} m,$$

$$[M_x - iM_y]^{aa}_{m,m+1} = \frac{h}{2\pi} \exp[i(\theta^a_m - \theta^a_{m+1})] \sqrt{(j-m)(j+m+1)},$$

où les θ^a_m sont des phases attachées aux niveaux (a, m), qui entraîne, pour les matrices X, Y, Z, la forme

$$[X + iY]^{aa'}_{m,m-1} = C^{aa'} \exp.[i(\theta^a_m - \theta^{a'}_{m-1})]\, \varphi^{aa'}_1(m) = C^{aa'}\, \Phi^{aa'}_1(m),$$

$$[Z]^{aa'}_{m,m} = C^{aa'} \exp.[i(\theta^a_m - \theta^{a'}_m)]\, \varphi^{aa'}_2(m) = C^{aa'}\, \Phi^{aa'}_2(m),$$

$$[X - iY]^{aa'}_{m,m+1} = C^{aa'} \exp.[i(\theta^a_m - \theta^{a'}_{m+1})]\, \varphi^{aa'}_3(m) = C^{aa'}\, \Phi^{aa'}_3(m).$$

On peut alors caractériser les vibrations $\psi(m, m', m'')$ par

$$F^\psi = \Omega\, \Phi^{\star a'a}_\xi(m')\, \Phi^{a'a''}_\eta(m')\, f_\varepsilon$$
$$= \Omega\, \varphi^{a'a}_\xi(m')\, \varphi^{a'a''}_\eta(m')\, f_\varepsilon \exp.[i(\theta^a_m - \theta^{a''}_{m''})].$$

Avec cette forme, il est évident qu'il nous suffit de supposer que les θ^a_m varient au hasard, *sans condition supplémentaire*, pour retrouver la cohérence des couples de vibrations ψ_1 et ψ_2, qui correspondent à un même niveau de départ et à un même niveau d'arrivée et l'incohérence des autres couples.

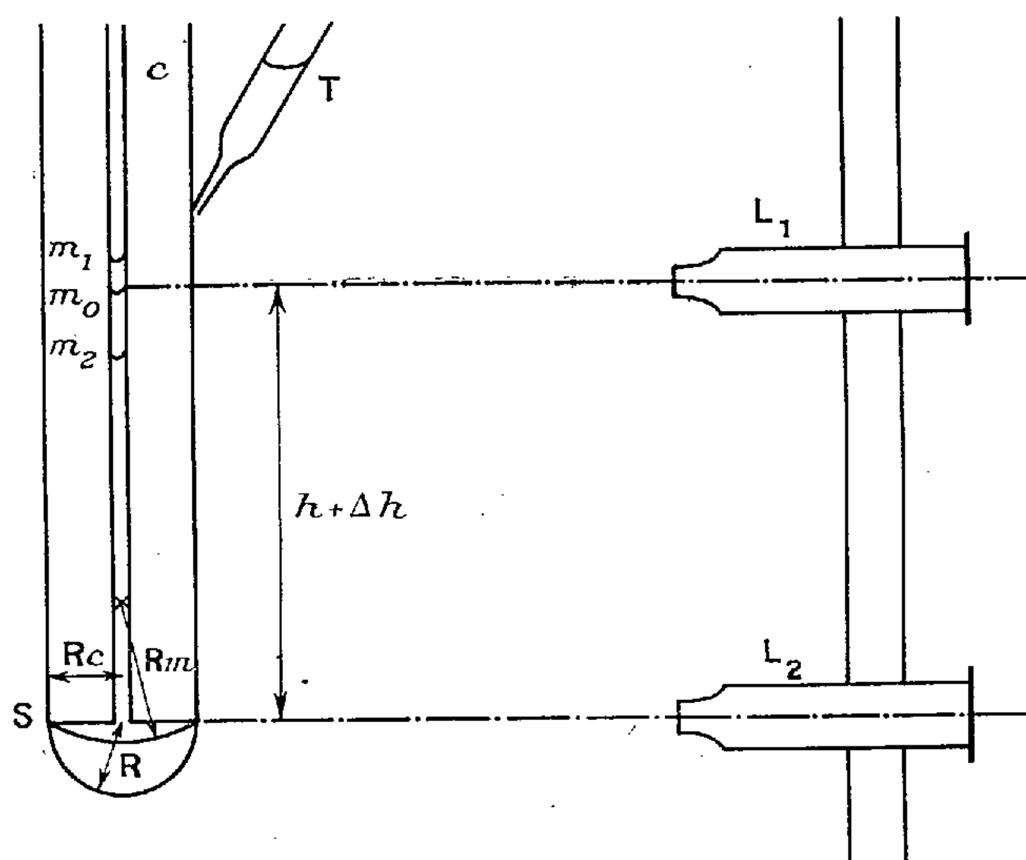
Nous voyons donc, sur cet exemple, que, si les phases des vibrations harmoniques, qui constituent une matrice de la mécanique quantique, n'ont sans doute pas individuellement un sens absolu, certaines relations entre ces phases doivent avoir, au contraire, une signification physique profonde.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Détermination de la tension superficielle d'un liquide par la formation de gouttes au bas d'un tube à capillaire dans lequel on observe l'élongation du ménisque.* Note (¹) de M. **Gabriel Duch**, présentée par M. Jean Perrin.

A température constante, formons (voir figure), au bas d'un tube à capillaire C de 5 à 7^{mm} (extérieur), des gouttes de liquide à l'aide d'une pipette T. L'étirage de la pointe devra entraîner la formation d'un canal de $0^{mm},05$ de diamètre.

L'extrémité de T étant maintenue contre C, le flux du liquide s'écoulant de T, va descendre le long de C pour se rassembler contre S en formant un mamelon qui se développera jusqu'à ce qu'une goutte s'en détache.

En même temps, une partie du liquide sera appelée dans le capillaire jusqu'au ménisque.



Observons les mouvements de ce dernier pendant le développement du mamelon en S.

Aussitôt qu'une goutte vient de se détacher le ménisque est en m_0. Le rayon de courbure du mamelon diminuant de plus en plus, il monte jus-

(¹) Séance du 30 novembre 1936.

qu'en m_1 (maximum d'élongation); le développement de la goutte continuant il redescend en m_2, moment où une goutte se détache, il remonte rapidement en m_0, puis reprend lentement sa course : le mouvement reprend de même pour les gouttes suivantes.

Ce maximum d'élongation peut s'expliquer ainsi : durant la première partie du phénomène la pression de Laplace dans le mamelon pousse dans le capillaire la colonne soulevée par le pourtour du ménisque; puis le centre de courbure du mamelon s'abaisse avec le développement du *sac cylindro-sphérique* qui contient la goutte, entraînant le ménisque qui redescend approximativement de la même quantité.

C'est donc seulement pendant la première période que la courbure du mamelon est définie exactement.

Mesure absolue de la tension superficielle. — Disposons d'un cathétomètre à deux lunettes, l'une L_1 pointée sur le ménisque, l'autre L_2 sur le mamelon. Nous pourrons ainsi saisir la position du ménisque au moment où le rayon de courbure du mamelon aura une valeur R fixée à l'avance, comprise entre R_m, qui correspond au début de la formation de la goutte et R_c au maximum d'élongation.

Si r est le rayon du capillaire, A la tension superficielle du liquide de densité d, g l'accélération de la pesanteur; et h la dénivellation dans le capillaire à partir de la tranche S; la loi de Jurin donne pour l'ascension capillaire h dans C et la loi de Laplace pour surpression Δh dans le mamelon

$$(1)\quad h\,dg = 2\frac{A}{r} \quad \text{et} \quad \Delta h\,dg = 2\frac{A}{R}; \quad \text{d'où} \quad h + \Delta h = \frac{2A}{dg}\left(\frac{1}{r} + \frac{1}{R}\right).$$

La détermination de A est donc liée à celles de $h + \Delta h$ que la lecture sur le cathétomètre donne immédiatement, de R défini au préalable par la flèche du mamelon et le rayon extérieur du tube à capillaire mesurés au *palmer* au 1/100e de millimètre, de r en faisant une *lame mince* normale à l'axe du capillaire suivant la méthode de Desains et de la densité absolue d, quantité mesurable avec une grande précision.

Cette méthode évite l'emploi d'une cuvette et la recherche délicate du niveau du liquide qu'elle contient : on bénéficie de plus de la mobilité du ménisque dans le capillaire, condition favorable à de bonnes déterminations.

Mesure relative de la tension superficielle. — Considérons les liquides (1) et (2), (1) étant l'étalon, de tensions superficielles respectives A_1 et A_2, de densités d_1 et d_2; provoquant dans le même tube à capillaire des dénivellations totales h_1 et h_2 pour la même courbure du mamelon. La relation (1)

donne dans ces conditions :

$$A_2 = A_1 \frac{h_2}{h_1} \frac{d_2}{d_1}. \qquad (2)$$

Connaissant A_1 une fois pour toutes, on aura facilement la tension superficielle des autres liquides par les mesures des dénivellations et des densités à condition que la courbure du mamelon soit demeurée la même pour tous.

Nous avons constaté expérimentalement :

1° *Le rayon de courbure du mamelon est constant à l'origine de sa formation.*

2° *Il prend une autre valeur constante qui correspond à la position du ménisque au maximum d'élongation, le mamelon semblerait alors une hémisphère ayant le rayon extérieur du tube à capillaire.*

En choisissant une fois pour toutes une élongation du ménisque qui corresponde à l'une ou l'autre de ces remarques, la relation (2) sera satisfaite et les mesures seront possibles.

On peut se dispenser de l'emploi d'un cathétomètre : il suffit de tronquer franchement, avec un couteau à verre une tige de thermomètre 0-360 à hauteur du zéro et débouchée dans le haut. Ce tube à capillaire étant disposé verticalement, on repérera l'une ou l'autre des deux positions intéressantes du ménisque à l'aide de la graduation thermométrique. Les lectures seront proportionnelles à $h + \Delta h$. Avec un microscope à micromètre on pourra interpoler la position choisie entre deux divisions consécutives, ce qui permettra d'augmenter la précision des mesures.

PHYSIQUE APPLIQUÉE. — *Échanges thermiques dans l'azote et dans l'hydrogène aux ultra-pressions jusqu'à* 6000 kg/cm². Note de M. **James Basset**, présentée par M. Charles Fabry.

On ne possède que peu de renseignements sur la conductibilité thermique des gaz, et il est assez difficile de déterminer cette constante physique par suite de la complexité des phénomènes qui se produisent dans les fluides. On ne peut en effet mesurer expérimentalement que la somme des énergies thermiques transportées dans l'unité de temps par les molécules du fluide entre deux parois maintenues à des températures constantes. Ce transport d'énergie se faisant par conductibilité, par convection et par rayonnement, il est nécessaire d'employer des cloisonnements ou des

matières étrangères pour emprisonner le fluide et empêcher le plus possible ses mouvements de convection et ces cloisonnements interviennent par leur conductibilité propre.

Il nous a paru néanmoins intéressant de déterminer l'énergie dépensée pour maintenir une surface à une température constante, lorsque cette surface se trouve dans une enceinte remplie d'un gaz sous pression.

Le dispositif expérimental est le suivant :

On dispose dans l'axe d'une de nos chambres à ultra-pression déjà décrite ([1]) un petit tube de silice fondue de 6^{mm} de diamètre et 70^{mm} de longueur qu'on peut chauffer au moyen d'un enroulement de fil de platine de $0^{mm},25$ de diamètre, les spires étant espacées d'environ $0^{mm},8$. On peut ainsi porter tout le tube à une température quelconque. L'étalonnage de la température, en fonction de la résistance du fil de platine, est établi par des expériences préalables, en effectuant des mesures sous pression jusqu'aux températures mesurables au pyromètre optique dans une chambre permettant l'observation oculaire du corps chauffé et décrite antérieurement ([2]). La variation de la résistance avec la pression est du reste pratiquement négligeable dans les conditions où nous avons opéré.

Le diamètre intérieur de la chambre à expérience est de 30^{mm} et sa longueur de 120^{mm}. Une garniture de bourre d'amiante remplit tout l'espace restant et assure à la fois le centrage du tube de silice et l'emprisonnement du fluide comprimé entre les fibres de la bourre d'amiante. Le fluide étudié étant comprimé dans la chambre à la pression voulue, on mesure l'énergie électrique nécessaire pour maintenir le tube de silice à une température constante. Les parois de la chambre à expérience sont refroidies par une circulation d'eau et elles restent à une température voisine de la température ambiante. Il est à remarquer que la présence de bourre d'amiante empêche les pertes par rayonnement direct.

Le tableau ci-après donne pour l'azote et l'hydrogène l'énergie nécessaire pour maintenir le tube de silice à 600° C. lorsque la pression du gaz dans la chambre varie de la pression atmosphérique jusqu'à 6000 kg/cm^2.

A titre de renseignement, on donne la densité du gaz sous pression à 15°.

([1]) *Comptes rendus*, **185**, 1927, p. 343.
([2]) *Comptes rendus*, **195**, 1932, p. 1242.

I. — *Azote.*

Pression (kg/cm²)	1.	100.	500.	1000.	2000.	3000.	4000.	5000.	6000.
Watts dans l'enroulement du tube chaud pour $\theta = 600°$C	44	56	82	110	145	165	182	192	200
Densité du gaz en g/cm³ à 15°	$1,25.10^{-3}$	0,118	0,450	0,590	0,740	0,820	0,876	0,920	0,950

II. — *Hydrogène.*

Pression (kg/cm²)	1.	500.	1000.	2000.	3000.	4000.	5000.	6000.
Watts dans l'enroulement du tube chaud pour $\theta = 600°$C	54	143	183	235	265	290	308	325
Densité du gaz en g/cm³ à 15°	$8,9.10^{-5}$	0,032	0,051	0,073	0,088	0,098	0,104	0,109

Les chiffres ci-dessus représentent des résultats bruts et il est difficile, pour les raisons exposées ci-dessus, de déterminer la part d'énergie dissipée intéressant seulement la conductibilité propre du gaz. Toutefois, nous estimons qu'en raison des conditions de l'expérience la part due à la conductibilité thermique est prépondérante et d'autant plus importante que la pression est plus élevée et que les propriétés du fluide comprimé se rapprochent des propriétés d'un liquide visqueux.

Si l'on établit un graphique à l'aide des chiffres ci-dessus, on voit qu'aux pressions élevées la perte d'énergie est sensiblement proportionnelle à la quantité de matière se trouvant entre la paroi chaude et la paroi froide et aux hautes pressions, on peut estimer que la presque totalité de l'énergie se trouve dissipée par voie de conductibilité thermique.

Pour établir un rapport grossier entre la conductibilité thermique de l'azote et de l'hydrogène, si l'on admet qu'à 1 kg/cm² la presque totalité de l'énergie se trouve dissipée par la conductibilité de la bourre d'amiante; à 6000 kg/cm², les pertes d'énergie dues à la conductibilité des gaz seraient de 166 watts pour l'azote et 265 watts pour l'hydrogène, soit un rapport de 1,6 qui donne une valeur grossière du rapport des conductibilités thermiques de l'azote et de l'hydrogène pour cette pression. A 2000 kg/cm² on trouve un rapport de 1,73, du même ordre de grandeur à 500 kg/cm², ce rapport monte à 2,2, le transport d'énergie par convection devenant important.

D'autre part, à égalité de densité de matière dans l'espace, par exemple à 6000 kg/cm² pour l'hydrogène et à 95 kg/cm² pour l'azote (pressions où les densités sont les mêmes), le rapport des énergies dissipées serait de 1 à 20, ce chiffre étant donné comme un ordre de grandeur seulement.

ÉLECTRICITÉ. — *Production de lumière blanche par luminescence électrique des gaz.* Note de M. **Marcel Laporte**, présentée par M. Jean Perrin.

L'obtention, par luminescence électrique d'un gaz, d'une lumière *blanche*, c'est-à-dire d'une lumière donnant naissance à un spectre continu, avec une répartition d'énergie analogue à celle du spectre solaire, a donné lieu à un très grand nombre de recherches.

On a dû abandonner l'emploi des gaz polyatomiques, notamment du gaz carbonique, à cause de la décomposition et de l'absorption rapides de ces gaz. On a cherché une solution dans l'emploi de sources jumelées, néon et mercure; mais la source double, ainsi formée, ne donne qu'un spectre de raies dont la répartition est imparfaite; de plus, les deux tubes, si rapprochés soient-ils, constituent deux sources distinctes : l'éclairement produit n'a pas une composition uniforme dans toutes les directions.

On sait d'autre part, depuis longtemps, que des courants de grande intensité, tels que ceux qui accompagnent la décharge d'un condensateur, font apparaître, outre le spectre d'arc, des spectres d'étincelle de différents ordres, dont l'ensemble est extrêmement riche en raies.

Enfin on a montré récemment que, pour des densités de courant suffisantes, il se superpose aux spectres de raies un spectre *continu*: c'est cette propriété qui est utilisée dans les nouveaux tubes à vapeur de mercure sous haute pression.

Dans ces tubes, dont la section est de l'ordre du millimètre carré, on fait passer des courants de l'ordre d'un ampère; la densité de courant atteint plusieurs dizaines d'ampères par centimètre carré; l'énergie dépensée par centimètre de tube est de plusieurs centaines de watts, ce qui nécessite l'emploi de tubes en quartz, éventuellement refroidis par un courant d'eau extérieur.

Il nous est apparu que l'on pouvait éviter ces inconvénients et réaliser les grandes densités de courant nécessaires à l'apparition des spectres d'étincelle et du spectre continu avec des dépenses d'énergie beaucoup plus faibles, à condition de ne réaliser ces décharges de très grande intensité que pendant des temps extrêmement courts, ces décharges se répétant avec une fréquence suffisante pour profiter de la persistance des impressions lumineuses.

Le principe du dispositif utilisé est le suivant : un condensateur est dis-

posé entre les pôles du secondaire d'un transformateur et se charge à chaque alternance. En dérivation entre les armatures du condensateur, sont disposés, en série, le tube à gaz et un thyratron. La grille de ce dernier est polarisée de façon que la décharge ne puisse traverser le thyratron et par suite le tube, que lorsque la tension entre les armatures du condensateur a atteint une valeur qui est déterminée par le potentiel de grille. On peut régler cette polarisation de façon que la tension atteinte au moment où le thyratron laisse passer la décharge soit beaucoup plus élevée que la tension d'allumage du tube à gaz : le thyratron joue le rôle d'un éclateur à étincelles réglable, durable et silencieux. Le chauffage de la cathode du thyratron et la polarisation de grille peuvent être obtenus à partir de la même source de courant alternatif à l'aide d'un montage qui sera décrit ultérieurement.

Avec un tube de 10^{mm} de diamètre, en pyrex, contenant du xénon sous une pression de quelques millimètres, on obtient une lumière « blanche » présentant un très grand nombre de raies et un « fond continu » intense, avec un courant « moyen » dont l'intensité est de l'ordre d'un ampère. La fréquence des éclairs est de 50 ou 100 par seconde avec une alimentation à 50 périodes et un montage à un ou deux thyratrons.

Il a été réalisé un tube de 1^{m} donnant 12000 lumens pour une dépense de 1500 watts, rendement déjà intéressant que nous pensons pouvoir améliorer.

La mesure photométrique a été faite sans difficulté à l'aide du *chromophotomètre Laporte-Gans* ([1]). L'analyse des éclairs a été réalisée par la méthode du miroir tournant ([2]); les clichés montrent que, dans les conditions réalisées, la décharge est oscillante (période 8.10^{-6} s.); la durée totale de l'éclair est de 12 micro-secondes; si l'on remarque que ces éclairs répétés à une fréquence de 50 par seconde fournissent une intensité moyenne métrique de 1000 bougies, on est conduit à admettre que chaque éclair fournit une intensité instantanée extrêmement grande.

([1]) MARCEL LAPORTE et FRANÇOIS GANS, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 62.

([2]) MARCEL LAPORTE et RAYMONDE PIERREJEAN, *J. de Physique*, 7e série, 7, 1936, p. 248.

ÉLECTRONIQUE. — *Sur la nature électronique de la lumière.*
Note [1] de M. **J. J. Placinteanu**, présentée par M. Jean Perrin.

J'ai formulé [2] l'hypothèse d'après laquelle un photon devrait être considéré comme une particule complexe formé par l'association d'un électron et un positon, à l'aide d'un processus d'absorption dû à l'intervention d'un atome matériel. Plus tard [3] j'ai précisé cette hypothèse en étudiant quelques propriétés de l'équation du photon à l'aide d'une méthode développée par M. de Broglie dans sa bien connue théorie de la lumière [4]. A cette occasion j'avais énoncé la loi : « l'apparition d'un photon s'accomplit avec contraction de masse et annihilation des charges de signes contraires portées par les particules initiales » (électron et positon). J'ai considéré la masse du photon $\mu = 0$ comme une conséquence de l'égalité des masses de l'électron et du positon.

Le but de la présente Note est de montrer que la disparition des masses peut être comprise si l'on fait intervenir un terme d'interaction dans l'expression du hamiltonien, terme dont la valeur moyenne se trouve être la fonction d'action de Hamilton-Jacobi. Un tel terme apparaît toujours dans les équations ondulatoires d'un système de masses variables que j'ai étudié autre part [5]. La quantification de ce terme supplémentaire nous permet d'écrire la probabilité de fusion du système à masse variable électron-positon pour obtenir un photon.

Par le processus habituel, dans le cas où il n'y a pas d'interaction, on obtient l'équation du photon

$$\left\{ W + c\sum_{i=1}^{3} A_i p_i - m_0 c^2 A_4 \right\} \Phi = 0, \tag{1}$$

en désignant par m_0 la masse au repos de l'électron, égale à la masse du positon, au lieu de la masse μ du neutrino de la théorie de M. de Broglie. L'équation (1) est évidemment inexacte. En effet, les considérations de

---

[1] Séance du 7 décembre 1936.

[2] *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 549.

[3] *Journ. de Phys.*, **7**, 1936, p. 127.

[4] Louis de Broglie, *Une nouvelle conception de la lumière*, Paris, 1936.

[5] *Rend. dei Lincei*, **19**, 1934, p. 629; *Bull. de l'Acad. Roumaine*, **18**, 1936, n° **1-2**.

comme indépendantes. Donc, au lieu de (1), on devrait avoir

$$\left\{ W + c\sum_{i=1}^{3} A_i p_i + \mathcal{R} - m_0 c^2 A_4 \right\} \Phi = 0, \tag{2}$$

où $\mathcal{R}$ représente l'interaction mutuelle des deux composantes. La condition nécessaire et suffisante pour que l'équation (2) prenne la forme d'une équation normale de Dirac pour une *particule de masse nulle* (un photon) est

$$\mathcal{R} = m_0 c^2 A_4. \tag{3}$$

En effectuant la valeur moyenne et en intégrant par rapport au temps, on trouve

$$\overline{\mathcal{R}} = \int_0^t dt \int \Phi^* \mathcal{R} \Phi \, d\tau = m_0 c^2 \int_0^t dt \int \Phi^* A_4 \Phi \, d\tau = \int_0^t m_0 c^2 \sqrt{1-\beta^2} \, dt = S, \tag{4}$$

S étant la fonction d'action relativistique de Hamilton-Jacobi. Ce résultat est intéressant si l'on remarque que l'équation ondulatoire d'un corps dont la masse varie selon une loi de la forme [1]

$$m_0 = \text{const.}\ e^{i\lambda t} \tag{5}$$

est

$$\left\{ W + c\sum_{j=1}^{3} A_j p_j + i\frac{\lambda}{2} S - m_0 c^2 A_4 \right\} \Phi = 0. \tag{6}$$

On peut imaginer alors que le système électron-positon, dans un moment antérieur infiniment proche au moment de fusion, est un système dont la masse varie selon la loi (5), λ étant définie comme probabilité d'annihilation des masses qui doit satisfaire à une équation de la forme (6). On a identifié entre (2) et (6) si l'on pose

$$\mathcal{R} = \frac{1}{2} i\lambda \overline{\mathcal{R}},$$

ce qui est juste après (4), en considérant λ comme coefficient d'interaction. La condition (3) se traduit alors par

$$\frac{1}{2} i\lambda S = m_0 c^2 A_4.$$

Dans l'un des travaux cités plus haut j'ai établi la règle de quantification

(1) Voir mes travaux cités plus haut.

de S, à savoir $S \rightarrow \hbar i$. On aura alors

$$(7) \qquad \lambda = \pm \frac{2 m_0 c^2}{\hbar} \sim 10^8.$$

Donc le système électron-positon se comportera pendant la fusion comme un corps dont la masse sera soumise à un phénomène de trépidation (5), avec une fréquence extrêmement grande. Dans un temps fini T la masse moyenne sera

$$\frac{\text{const.}}{T} \int_0^T e^{i\lambda t}\, dt \sim \frac{1}{\lambda} < 1,$$

ce qui signifie : la masse moyenne du corpuscule résultant s'évanouit à cause de l'interaction $\mathcal{R}$, loi que nous avons d'ailleurs déjà formulée autre part.

La valeur $1/\lambda \sim 10^{-8}$ du temps nécessaire pour la formation du photon par le processus (5) est du même ordre de grandeur que la durée connue de beaucoup de phénomènes atomiques. Ce fait pourrait suggérer certaines images concernant l'émission d'un photon par la matière. Le photon serait formé par un processus encore difficile à prévoir, probablement analogue à l'effet représenté par la relation (5), à l'aide d'un électron et d'un positon *dans le champs de forces à l'intérieur de l'atome*. La probabilité de formation d'un tel photon serait alors prévue par la relation fondamentale (7).

ÉLECTROCHIMIE. — *Électrolyse du chlorure, du bromure, de l'iodure ferreux et du chlorure ferrique dans les mélanges d'eau et d'alcool éthylique.* Note de M. **Claude Charmetant**, présentée par M. Georges Urbain.

Après avoir étudié l'électrolyse des chlorures, bromures et iodures de zinc, de nickel et de cobalt en milieu hydroalcoolique [1] j'ai étudié celle des sels correspondants de fer toujours en solution hydroalcoolique. Les solutions étudiées contiennent 0,5 molécule-gramme de sel par litre, les électrodes employées sont en platine et les densités de courant utilisées de 1,2 ou 4 ampères par décimètre carré.

1° *Électrolyse du chlorure ferreux.* — A l'anode il ne se forme pas de chlore libre sous 1 ampère au décimètre carré et il ne s'en forme qu'en très petite quantité sous 2 ou 4 ampères au décimètre carré et ceci seulement aux

---

[1] *Comptes rendus*, **200**, 1935, p. 380 et **201**, 1935, p. 43 et 1174.

M. Jordan ont prouvé qu'on n'a pas le droit de considérer les deux particules concentrations en alcool de moins de 150g au litre; la plus grande partie du chlore libérable à l'anode reste ionisé en transformant le fer ferreux à l'état ferrique, enfin la dernière partie oxyde l'alcool en donnant de l'acide chlorhydrique et de l'aldéhyde éthylique (comme avec les chlorures de zinc, de nickel et de cobalt) : quand on prend des teneurs en alcool de plus en plus élevées, on constate que cette dernière réaction devient de plus en plus importante, la proportion de fer ferreux passant à l'état ferrique devenant plus faible; cette proportion en fer ferrique formé passe par un minimum pour la concentration de 450g au litre en alcool environ; avec des teneurs en alcool plus élevées, l'oxydation de l'alcool diminue d'importance et il se forme davantage de chlorure ferrique.

Rendements en chlorure ferrique formé à l'anode.

Concentrations en alcool en grammes par litre..	0.	150.	300.	450.	600.	700.
Rendements sous 1 A/dm² après 4 heures....	100 %	60 %	48 %	40 %	39 %	77 %
Rendements sous 2 A/dm² après 4 heures....	80	46	27	25	35	56
Rendements sous 4 A/dm² après 4 heures....	51	30	20	19	23	26

A la cathode, au début, il se forme du fer seulement, puis à mesure que se poursuit l'électrolyse la solution s'acidifiant, surtout sous 4 A/dm², on obtient un dégagement d'hydrogène qui devient de plus en plus important. Dans les solutions peu chargées en alcool, le fer déposé a l'aspect gris, il devient brillant après plusieurs heures d'électrolyse, quand la teneur en alcool est élevée, il est beaucoup plus noir et bien moins adhérent.

Rendements en fer déposé à la cathode.

Concentrations en alcool en grammes par litre..	0.	150.	300.	450.	600.	700.
Rendements sous 1 A/dm² après 4 heures...	96 %	96 %	96 %	95 %	95 %	92 %
Rendements sous 2 A/dm² après 4 heures...	82	83	83	80	76	76
Rendements sous 4 A/dm² après 4 heures...	50	50	48	47	45	49

En recueillant l'hydrogène, on vérifie que, comme avec les chlorures de nickel et de cobalt, on n'a jamais le rendement théorique calculé par différence.

2° *Électrolyse du bromure ferreux.* — A l'anode tout le brome formé transforme le bromure ferreux en bromure ferrique rouge brique, il n'y a aucune oxydation de l'alcool; le rendement en fer ne varie pas sensiblement avec la teneur en alcool : après 4 heures, il est d'environ 98 pour 100 sous 1 A/dm², 95 pour 100 sous 2 A/dm², et 85 à 88 pour 100 sous 4 A/dm²;

mais les dépôts ne sont pas purs, ils contiennent une proportion non négligeable d'oxydes de fer : 1 à 2 pour 100 sous 1 A/dm², 2 à 3 pour 100 sous 2A/dm² et 3 à 8 pour 100 sous 4A/dm².

3° *Électrolyse de l'iodure ferreux.* — A l'anode il se forme de l'iode en solution qui se dissout dans le liquide en formant une solution rouge brun très foncé; à la cathode il y a dépôt de fer : les rendements sont toujours très près de 100 pour 100, mais le fer déposé est très impur, il entraîne une grande quantité d'oxydes, pouvant aller jusqu'à 13 pour 100 aux fortes concentrations en alcool sous 4A/dm².

4° *Électrolyse du chlorure ferrique.* — A l'anode aux faibles teneurs en alcool, une petite quantité de chlore libéré se dégage dans l'atmosphère, le reste réagit sur le solvant en formant de l'acide chlorhydrique et en oxydant l'alcool à l'état d'aldéhyde; aux teneurs plus élevées en alcool, dès celle de 150ᵍ au litre, la transformation du chlore en acide est totale. A la cathode il y a un dégagement d'hydrogène, négligeable sous 1 A/dm², faible sous 2 A/dm², assez important sous 4A/dm²; au début de l'électrolyse, il ne se dépose point de fer, le fer qui tend à se former réduit le fer ferrique de la solution à l'état ferreux, et ce n'est qu'en poursuivant la durée de l'électrolyse plusieurs heures que le fer se dépose à la cathode; le rendement en fer déposé est bien amélioré par l'augmentation de densité de courant de même que par l'élévation de la teneur en alcool, mais alors (sous 4A/dm² et avec 700ᵍ d'alcool au litre) le dépôt est très mal adhérent; dans tous les cas le fer déposé est très pur.

Rendements en fer déposé à la cathode.

Concentrations en alcool en grammes par litre..........	0.	300.	600.	700.
	%	%	%	%
Rendements sous 1 A/dm² après 4 heures..........	0	0	0	12,7
Rendements sous 2 A/dm² après 4 heures..........	0	1,5	11,8	39,7
Rendements sous 4 A/dm² après 4 heures..........	3,7	5,7	17,2	34,7

SPECTROSCOPIE. — *Sur le spectre de la décharge dans l'air des magnétos à haute tension.* Note de M. **Jean Jaffray**, présentée par M. Aimé Cotton.

J'ai étudié le spectre de la décharge dans l'air, à la pression atmosphérique, de magnétos à haute tension, reliées à un éclateur à trois pointes. Les deux pointes entre lesquelles passe la décharge sont en nickel renfermant un peu de manganèse et 1 pour 100 de silicium; cet alliage est employé couramment dans la fabrication des bougies d'allumage.

Le spectre a été exploré depuis 6000 Å jusqu'à 2000 Å, partie à l'aide d'un appareil à optique de verre, partie à l'aide d'un petit spectrographe Hilger en quartz.

Le spectre diffère suivant la région de la décharge. A l'électrode positive, on observe des spectres de raies : celui de l'air, celui du nickel (spectre d'étincelle) avec quelques raies d'autres éléments (manganèse, silicium, magnésium, carbone, calcium, etc.) et des spectres de bandes : le second spectre positif de l'azote et le spectre γ de NO (observé jusqu'à 2063 Å).

Dans le corps de la décharge, la composition spectrale reste sensiblement la même.

A l'électrode négative, on retrouve les spectres de raies de l'air et du nickel, avec quelques raies des éléments cités plus haut; les spectres de bandes sont : le second spectre positif de l'azote, le spectre γ de NO et le spectre négatif de l'azote.

De nombreux facteurs modifient l'importance relative des spectres de raies et de bandes : type de la magnéto, longueur de la coupure à l'éclateur, développement du circuit de décharge, capacité de l'éclateur, disrupture, etc. Ceci montre que les conditions d'excitation des spectres peuvent varier dans de grandes limites.

La disrupture, c'est-à-dire une seconde coupure en série avant l'éclateur, augmente l'intensité des spectres de raies et diminue celle des spectres de bandes. Elle explique, en partie, les différences qu'on observe entre les spectres fournis par les magnétos à distribution par balai frotteur et ceux que donnent les magnétos à distribution par étincelle.

L'action d'une grande résistance intercalée dans le circuit de décharge est tout à fait remarquable : à mesure que la résistance croît, les raies métalliques et celles de l'air s'affaiblissent graduellement sur l'électrode positive et dans le corps de la décharge. Avec quelques centaines de mille ohms, il ne reste plus dans ces régions que les deux spectres de bandes signalés plus haut. A l'électrode négative, les raies de l'air et les raies d'étincelle du nickel (Ni^{+}) s'affaiblissent mais les raies d'arc du nickel demeurent ainsi que les trois spectres de bandes. Cette composition spectrale est celle qu'on observe avec la décharge dans les tubes à vide peu poussé, quand la lueur positive occupe la majeure partie du tube. J'ai indiqué dans une Note précédente [1] que la décharge d'une magnéto prenait justement l'aspect des tubes à vide peu poussé, quand le circuit

---

[1] *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 2244.

comprenait une grande résistance. La comparaison peut donc être poussée plus loin : dans les deux phénomènes, la composition de la lumière émise est la même dans les régions correspondantes.

Le même phénomène a été observé dans plusieurs circonstances : par exemple, quand un condensateur de très faible capacité se décharge dans un circuit présentant une coupure et une grande résistance en série (¹) ou encore, lors de la décharge dans l'air à la pression atmosphérique avec une grande densité de courant (²).

SPECTROSCOPIE. — *Étude spectroscopique sur la constitution de la vapeur de soufre*. Note (³) de M. **B. Rosen** et Mlle **Nina Morguleff**, présentée par M. Charles Fabry.

La question de la constitution de la vapeur de soufre à des températures moyennes est encore loin d'être résolue définitivement. En particulier l'attribution des bandes larges dans l'ultraviolet proche et le violet (*système* C) à une molécule S_x a fait encore tout récemment l'objet de plusieurs recherches (⁴) et les résultats en sont en partie contradictoires. Rosen et Neven (⁵) ont admis la possibilité qu'il s'agisse en réalité, dans le domaine spectral en question, de deux systèmes indépendants : l'un consisterait en bandes larges formant une partie du système principal de S_2; l'autre serait une bande continue et appartiendrait selon toute vraisemblance à une molécule polyatomique intermédiaire entre S_8 et S_2. La superposition des deux systèmes expliquerait la complexité des phénomènes observés à différentes conditions de température et de pression.

Nous avons entrepris de vérifier cette hypothèse en faisant deux séries d'expériences :

1. Nous avons comparé l'absorption dans le domaine spectral ultraviolet du système principal de S_2 à l'absorption dans le domaine du système C pour deux températures différentes, 500 et 1000° C., et pour différentes pressions. Si les deux domaines spectraux correspondent à l'absorption par la même molécule, le rapport d'intensité dans ces deux domaines devrait être

(¹) J. Thomson, *Phil. Mag.*, 13, 1932, p. 824.
(²) H. Thoma et L. Heer, *Z. f. Techn. Phys.*, 13, 1932, p. 464 et 14, 1933, p. 385.
(³) Séance du 30 septembre 1936.
(⁴) Voir M. Louis d'Or, *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 1026.
(⁵) Rosen et Neven, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 663.

(en première approximation) indépendant de la pression. C'est bien ce que nous avons observé à 1000°. Il en est autrement à 500° : l'intensité relative dans les deux domaines varie notablement avec la pression, l'absorption dans le système C devenant à pression élevée de beaucoup plus intense que l'absorption dans les bandes du système principal de S_2 situées entre 3200-3500 Å.

La position et l'aspect général des bandes du système C à 500 et à 1000° étant identiques, il semble donc nécessaire d'admettre que ce ne sont pas les bandes elles-mêmes qui doivent être attribuées à la molécule S_x, mais bien un fond continu superposé dans la même région spectrale. Ce fond continu serait intense vers 500° et disparaîtrait vers 1000°.

2. Nous avons recherché si dans des conditions appropriées le fond continu hypothétique ne se prolongerait pas au delà du domaine des bandes. En effet, Dobbie et Fox (¹) ont observé à pression élevée une absorption s'étendant jusqu'à 5500 Å, tandis que nous n'avons jamais obtenu de bandes au delà de 4600 Å.

En travaillant à pression élevée avec un tube d'absorption de 30cm de longueur nous avons observé une absorption continue se rattachant du côté des grandes longueurs d'onde à l'absorption dans le domaine du système C.

Dobbie et Fox (*loc. cit.*) ont signalé en 1919 qu'une augmentation de température à concentration constante a pour effet, au début, une augmentation d'absorption dans le visible; puis, après avoir passé par un maximum, l'absorption diminue. D'après ces auteurs la température correspondant au maximum est de 650° environ et ne dépend pas de la pression. Ce fait a déjà été souvent mentionné dans les recherches sur l'absorption du soufre, mais une explication adéquate n'avait pas encore été donnée. L'indépendance par rapport à la pression n'est évidemment qu'une première approximation et il paraissait intéressant d'étudier cet effet de plus près. Au lieu de travailler à concentration constante nous avons étudié l'effet de température à pression constante; ceci avait notamment l'avantage de permettre une comparaison directe avec les résultats de Preuner, Schupp et Brockmüller (²) concernant la pression partielle de S_8, S_6 et S_2 dans la vapeur du soufre.

La vérification de leurs calculs d'après les données spectroscopiques

---

(¹) *Roy. Soc. Proc.*, **95**, 1919, p. 484.

(²) *Zt. Phys. Ch.*, **64**, 1910, p. 129 et **81**, 1913, p. 129.

nécessite une recherche photométrique précise qui sera poursuivie dans notre laboratoire. Cependant il est déjà possible d'affirmer que l'intensité du fond continu entre 4500 et 6000 Å en fonction de la température et de la pression varie en première approximation comme la pression partielle de S_6, calculée par Preuner, Schupp et Brockmüller. Ceci ne peut toutefois pas encore être considéré comme une preuve définitive de l'exactitude de leurs calculs, mais confirme que le fond continu est réellement indépendant du système C, le développement de ce dernier ne montre en effet aucun parallélisme avec l'abondance de la molécule S_6. L'étude des clichés correspondant à différentes conditions de température et de pression montre nettement que le fond continu n'est pas limité au domaine 4500-6000 Å, mais se prolonge plus loin vers les courtes longueur d'onde, dans la région des bandes du système C. L'intensité de ces derniers doit donc nécessairement être fortement influencée par le fond, comme nous l'avons démontré par la première série d'expériences décrite ci-dessus.

En résumé, nous avons donné des preuves supplémentaires de l'existence entre 3600 et 6000 Å de deux systèmes d'absorption du soufre : l'un est formé de bandes qui d'après les recherches antérieures constituent probablement une partie du système principal de S_2; l'autre consiste en un fond continu dont l'intensité considérée comme fonction de la pression et de la température varie en première approximation de la même façon que la pression partielle de S_6, d'après les calculs de Preuner, Schupp et Brockmüller.

PHYSIQUE APPLIQUÉE. — *Sur les écoulements d'eau, sous pression constante, à travers une masse de béton.* Note [1] de M. **François Grisel**, présentée par M. Albert Caquot.

Dans le but d'essayer de contribuer à l'étude de la perméabilité des bétons, nous avons procédé à une série d'expériences sur le passage d'eau sous pression à travers une masse de béton simplement pilonné et conservé à l'air. Les compositions des différents bétons expérimentés sont celles employées couramment dans le béton armé et les travaux publics. L'eau utilisée a été prise sans précautions spéciales sur la conduite de distribution urbaine.

---

[1] Séance du 7 décembre 1936.

Le dispositif expérimental, permettant une pression maximum de 8kg par centimètre carré, est le suivant : au moyen d'une bouteille d'air comprimé, un certain volume d'eau est soumis à une pression constante. Cette eau sous pression est en contact avec la face supérieure d'un échantillon cubique de béton placé dans une cuve évidée à sa partie inférieure. Une étanchéité parfaite est assurée en coulant du brai entre les faces verticales du cube et les parois latérales de la cuve. Une éprouvette graduée permet de recueillir l'eau qui a traversé le béton de part en part. La lecture du volume d'eau écoulé se faisait toutes les 24 heures.

Si nous désignons par Q le débit, c'est-à-dire le quotient du volume d'eau recueilli par l'intervalle de temps séparant deux lecture consécutives, et si nous portons en ordonnées les différentes valeurs obtenues après des temps successifs, le graphique qui en résulte est représentatif, en fonction du temps, des écoulements d'eau à travers l'échantillon de béton expérimenté.

Il y a lieu de considérer sur ce graphique deux parties distinctes. La première est relative à l'établissement du régime : les débits vont en croissant à partir de la mise en pression initiale jusqu'à une certaine valeur maximum correspondant à la pleine imprégnation du béton. Par exemple, dans une série d'expériences et pour une pression constante de 8kg par centimètre carré, les débits maximums sont atteints, suivant les échantillons, entre le deuxième et le quatrième jour de la mise en pression, période de perturbation relativement courte par rapport à la seconde partie. A partir de ce maximum le graphique présente continuellement une allure hyperbolique par rapport aux axes des débits et des temps : c'est cette seconde partie qui est seule intéressante au point de vue pratique puisqu'elle renseigne sur les variations de perméabilité dans un béton complètement imprégné.

D'après toute une série d'expériences nous avons observé qu'à partir du temps correspondant au maximum du débit, les produits des débits par les temps étaient sensiblement constants; le graphique semble donc se confondre avec la branche d'hyperbole équilatère ayant pour équation

$$Q.t = K^2. \quad (1)$$

A chaque échantillon correspond un coefficient K^2. Ce coefficient nous semble présenter un intérêt particulier puisqu'il permettrait de caractériser la perméabilité d'un échantillon donné de béton.

Grâce à l'observation précédente nous avons pu trouver une méthode simple pour obtenir ce coefficient.

A cet effet, si nous désignons par dV le volume d'eau recueilli pendant l'intervalle de temps dt, nous pouvons écrire

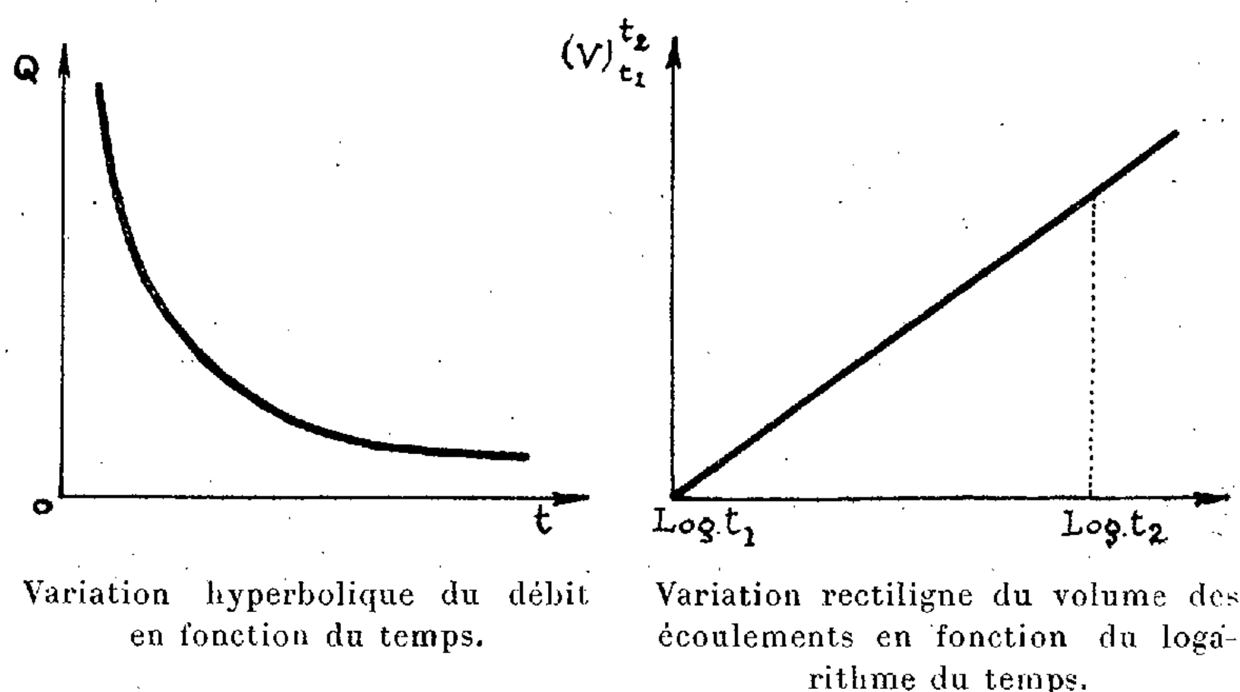
$$dV = Q.dt = K^2 . \frac{dt}{t}. \tag{2}$$

L'intégration de cette équation, entre deux temps t_1 et t_2 choisis après le temps correspondant au maximum du débit donne

$$(V)_{t_1}^{t_2} = K^2 (\text{Log } t)_{t_1}^{t_2}. \tag{3}$$

Le volume d'eau écoulé est une fonction linéaire du logarithme du temps. Or le graphique résultant de nos expériences est effectivement très sensiblement rectiligne. Le graphique hyperbolique précédent se trouve donc confirmé puisque l'équation (3) est la conséquence de l'équation (1).

L'intérêt de l'équation (3) réside dans le fait que le coefficient angulaire K^2 de la droite est précisément égal à la constante de l'hyperbole équilatère. Il en résulte un procédé permettant de connaître simplement le coefficient K^2 : il suffit, en effet, de relever le volume d'eau écoulé pendant un temps déterminé, on en déduit immédiatement le coefficient angulaire de la droite et par suite les graphiques rectiligne et hyperbolique ci-dessous.



Variation hyperbolique du débit en fonction du temps.

Variation rectiligne du volume des écoulements en fonction du logarithme du temps.

Ces résultats ont été confirmés par de nombreuses expériences et également vérifiés par M. Gazel : il semble donc possible de caractériser la perméabilité, sous pression constante, d'un échantillon de béton de composition normale par un coefficient obtenu simplement par la lecture du volume d'eau écoulé pendant un intervalle de temps relativement court.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Cinétique de l'oxydation du cuivre à haute température*. Note de M. **Gabriel-Valensi**, présentée par M. Georges Urbain.

Aucun des travaux nombreux, jusqu'ici consacrés à la cinétique de l'oxydation du cuivre, n'en constituait une *étude complète*, c'est-à-dire poursuivie jusqu'à la formation intégrale de l'oxyde CuO, thermodynamiquement le plus stable. Les considérations théoriques qui ont fait l'objet d'une Note précédente ([1]) m'ont donc amené à reprendre *expérimentalement* cette question. Les essais ont été réalisés sur des lames de cuivre électrolytique de $0^{mm},1$ d'épaisseur, sous une pression d'oxygène de 76^{cm} de mercure, et à diverses températures ([2]).

a. La transformation comporte deux étapes. Les deux oxydes Cu^2O, CuO *se forment d'abord simultanément et le carré de la quantité d'oxygène fixé augmente proportionnellement au temps. Cette croissance se ralentit ensuite de plus en plus, à partir du moment où, le métal pur ayant disparu, l'oxyde cuivrique peut seul se former aux dépens de l'oxydule.*

Les figures 1, 2, 3, qui expriment la variation chronométrique du carré de la quantité *m* d'oxygène absorbé (en atomes-grammes par atome-gramme de cuivre) traduisent bien deux allures nettement différenciées. La première, rectiligne, justifie la loi parabolique. La seconde, curviligne, accuse une concavité effectivement tournée vers les faibles oxydations, pour des valeurs de *m* toujours supérieures à 0,5.

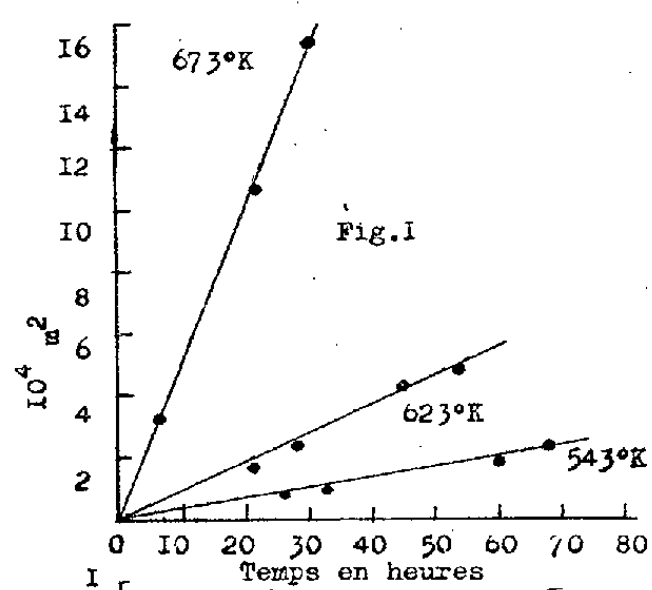
b. Durant la première période, l'influence de la température sur la vitesse d'oxydation n'est pas conforme à la loi d'Arrhénius.

La figure 4, établie en coordonnées [$\log\alpha$, $1/T$], représente la variation du coefficient α (*nombre de grammes-carrés d'oxygène absorbés par centimètre-carré-heure*) en fonction de la température absolue T. L'allure, non rectiligne, exclut la loi d'Arrhénius. Ce fait, en accord avec les travaux antérieurs, ne nécessite nullement l'hypothèse d'un changement de mécanisme, à laquelle divers auteurs ([3]) s'étaient ralliés.

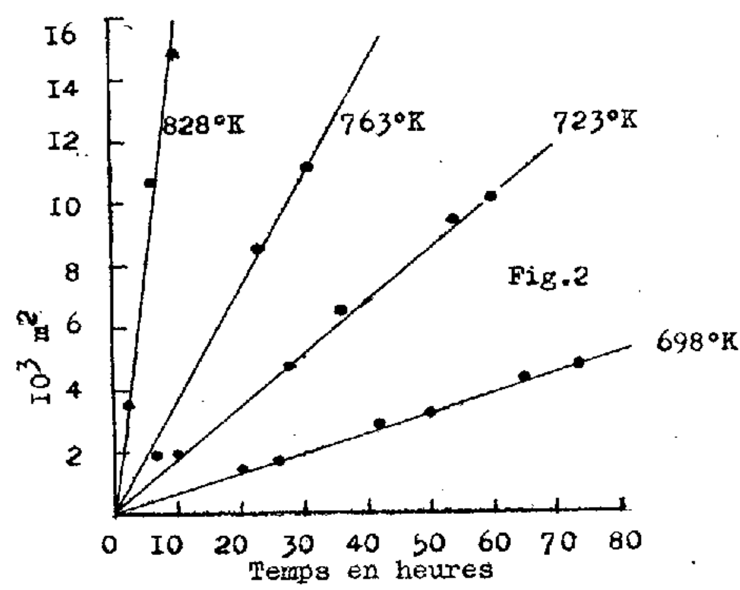
c. Le rapport des quantités des deux oxydes formés à une même température demeure constant, tant qu'il subsiste du métal inaltéré.

C'est ce qui ressort des analyses suivantes, effectuées sur divers produits d'oxydation obtenus à 860° C. :

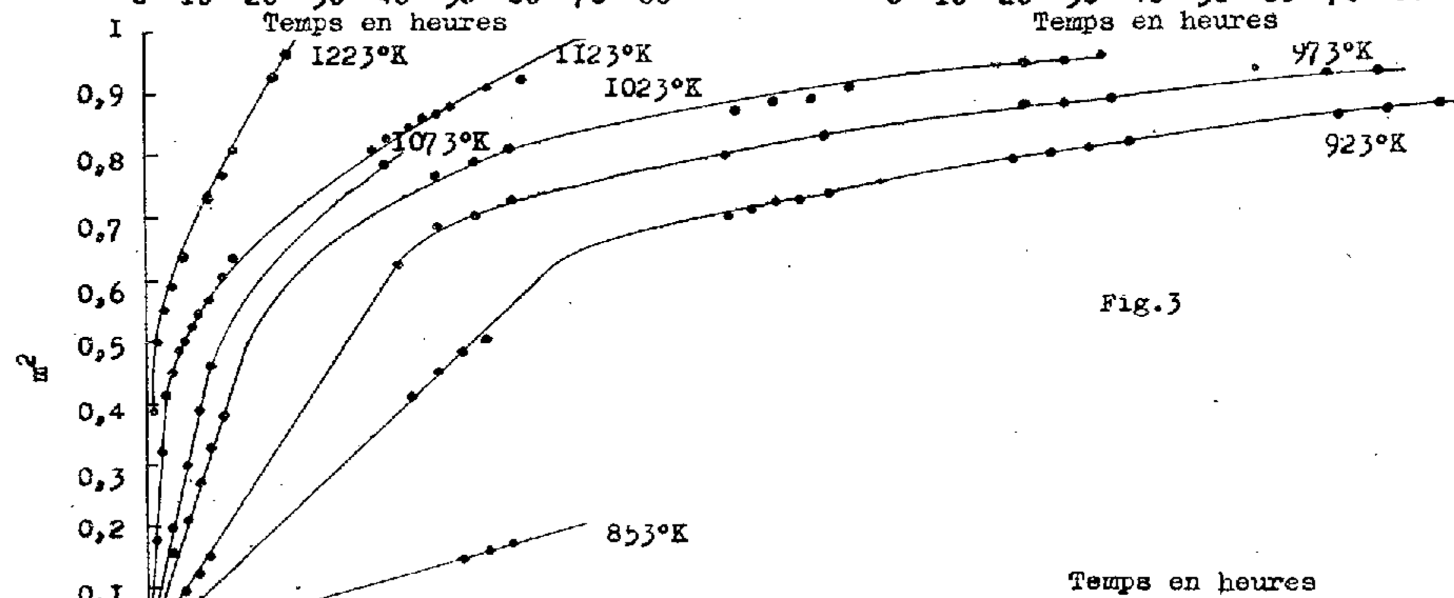
([1]) *Comptes rendus*, **203**, 1936, p. 1154 et 1252.
([2]) Pour la technique voir G. Valensi, *Bull. Soc. ch.*, 5e série, **3**, 1936, p. 1405.
([3]) Par exemple F. J. Wilkins et E. K. Rideal, *Proc. Roy. Soc.*, A, **128**, 1930, p. 394.



673°K
Fig.1
623°K
543°K
$10^4 m^2$
16 14 12 10 8 6 4 2
0 10 20 30 40 50 60 70 80
Temps en heures



828°K
763°K
723°K
Fig.2
698°K
$10^3 m^2$
16 14 12 10 8 6 4 2
0 10 20 30 40 50 60 70 80
Temps en heures



1223°K
1123°K
1023°K
1073°K
973°K
923°K
853°K
Fig.3
m^2
1 0,9 0,8 0,7 0,6 0,5 0,4 0,3 0,2 0,1
Temps en heures
0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110

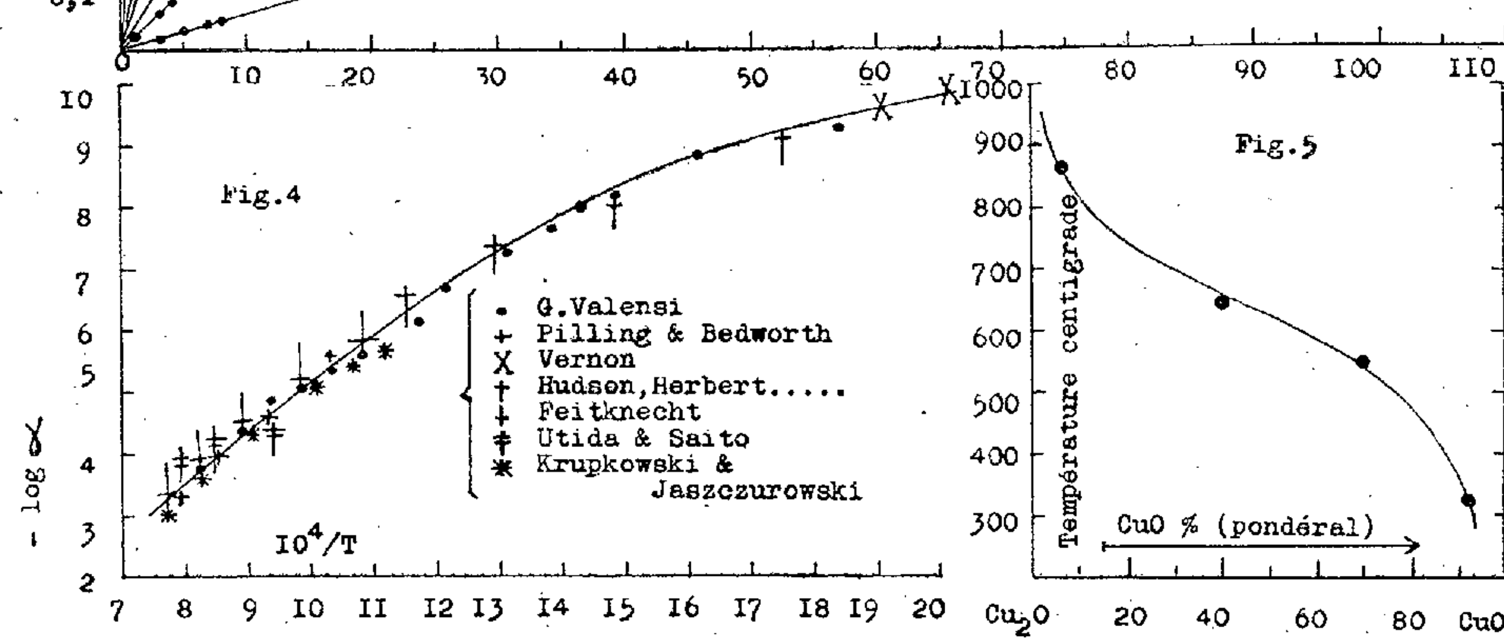


Fig.4
G.Valensi
Pilling & Bedworth
Vernon
Hudson, Herbert.....
Feitknecht
Utida & Saito
Krupkowski & Jaszczurowski
$10^4/T$
- log α
10 9 8 7 6 5 4 3 2
7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20

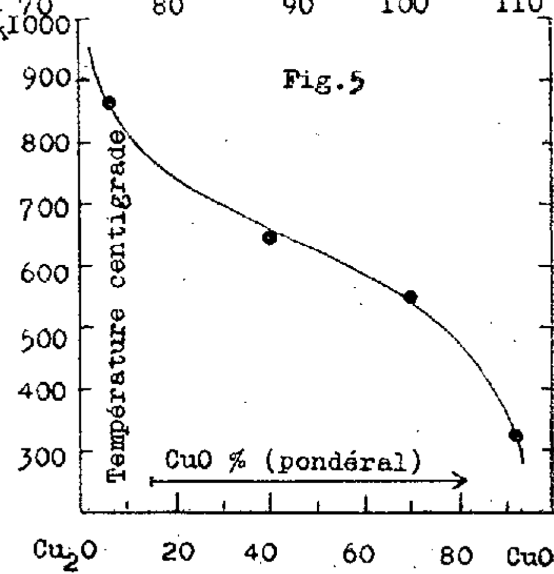
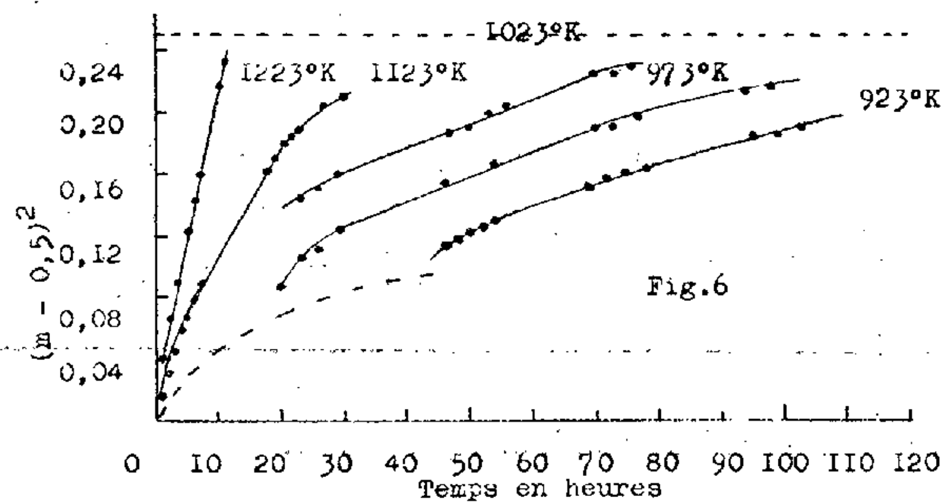


Fig.5
Température centigrade
1000 900 800 700 600 500 400 300
CuO % (pondéral)
Cu_2O 20 40 60 80 CuO



1023°K
1223°K
1123°K
973°K
923°K
Fig.6
$(m - 0,5)^2$
0,24 0,20 0,16 0,12 0,08 0,04
0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120
Temps en heures

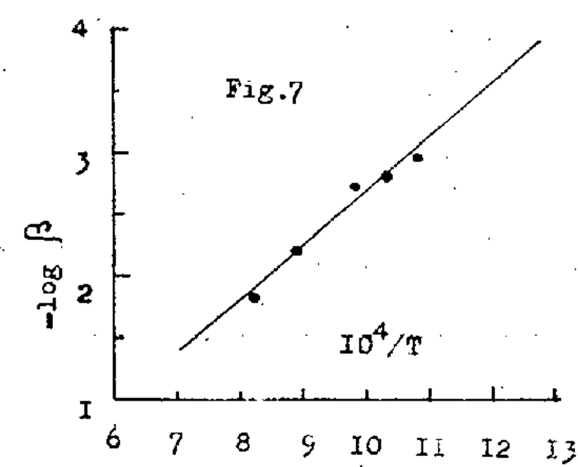


Fig.7
-log β
$10^4/T$
4 3 2 1
6 7 8 9 10 11 12 13

Degré d'oxydation *m*.	Oxygène dans le produit d'oxydation.
	%
0,088	11,83
0,265	11,66
0,344	11,72
Moyenne	11,7

La figure 5 montre de plus comment varie la composition des couches, avec la température. Les prélèvements étant assez difficiles, ces résultats ne sont qu'approximatifs; ils prouvent cependant que si l'oxydule prédomine aux températures les plus hautes, l'oxyde cuivrique est au contraire le plus abondant aux températures moyennes.

d. La quantité $(m - 0,5)^2$ *varie linéairement en fonction du temps, durant la deuxième période.*

Il en est bien ainsi durant la plus grande partie de cette seconde période dont la figure 6 indique les limites en pointillés. Toutefois, certains écarts se manifestent au début et à la fin (pour m compris entre 0,96 et 1). Ces perturbations, au voisinage de l'évanouissement d'une phase, peuvent s'expliquer par le fait que les interfaces, qui tendent à s'adapter aux irrégularités de structure, sont probablement légèrement ondulées. Au moment de la disparition de la phase centrale, leur surface s'annulerait donc *progressivement* et non brusquement comme le voudrait la théorie.

e. Les coefficients angulaires β *des droites représentant la variation chronométrique de* $(m - 0,5)^2$ *durant la deuxième période, sont liés à la température, par la loi d'Arrhénius.*

C'est ce qui ressort de la figure 7, qui, établie en coordonnées $[\log\beta, 1/T]$, représente la variation de ces coefficients angulaires en fonction de la température absolue T.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude de la stabilité des solutions solides entre les protoxydes de fer et de cobalt.* Note [1] de M. **Jacques Bénard**, présentée par M. Georges Urbain.

L'étude cinétique de la décomposition du protoxyde de fer [2] nous a conduit à examiner les modifications apportées à la stabilité de ce corps par dissolution de protoxydes métalliques isomorphes. Nous nous sommes

---

(1) Séance du 7 décembre 1936.

(2) J. Bénard et G. Chaudron, *Comptes rendus*, 1936, 202, p. 1336.

adressé en premier lieu au protoxyde de cobalt qui possède un motif cristallin identique (type BI de Ewald et Herman) et un paramètre très voisin (FeO : $a = 4,29$ Å — CoO : $a = 4,25$ Å).

Les cristaux mixtes FeO.CoO sont préparés par recuit prolongé d'un mélange des deux oxydes à 900° dans une ampoule scellée vide d'air et amenés par trempe à la température ambiante. L'examen aux rayons X révèle pour toutes les teneurs la présence d'une phase unique dont le paramètre varie linéairement d'un oxyde à l'autre. Ainsi se trouve confirmée la miscibilité totale dans l'état solide de FeO et CoO.

L'étude de la décomposition de cette solution solide par l'analyse thermomagnétique et les diagrammes de Debye-Scherer montre que la température pour laquelle la réaction



(1) $$4\,FeO = Fe + Fe^3O^4$$

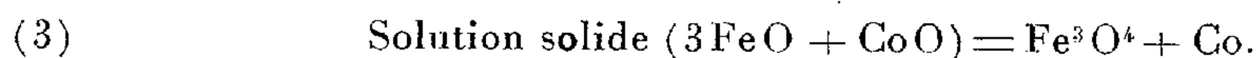
est réversible (570°) (1) s'élève lorsque croît la teneur en protoxyde de cobalt, et atteint 880° lorsque la composition des cristaux mixtes correspond sensiblement au rapport stoechiométrique $3\,FeO + CoO$; elle reste alors stationnaire puis décroît pour les teneurs supérieures (voir figure).

Dans la zone d'instabilité des cristaux mixtes, le fer provenant de la décomposition de FeO réduit le protoxyde de cobalt suivant la réaction secondaire



(2) $$CoO + Fe = FeO + Co,$$

de sorte que la réaction globale peut s'écrire



(3) $$\text{Solution solide } (3\,FeO + CoO) = Fe^3O^4 + Co.$$

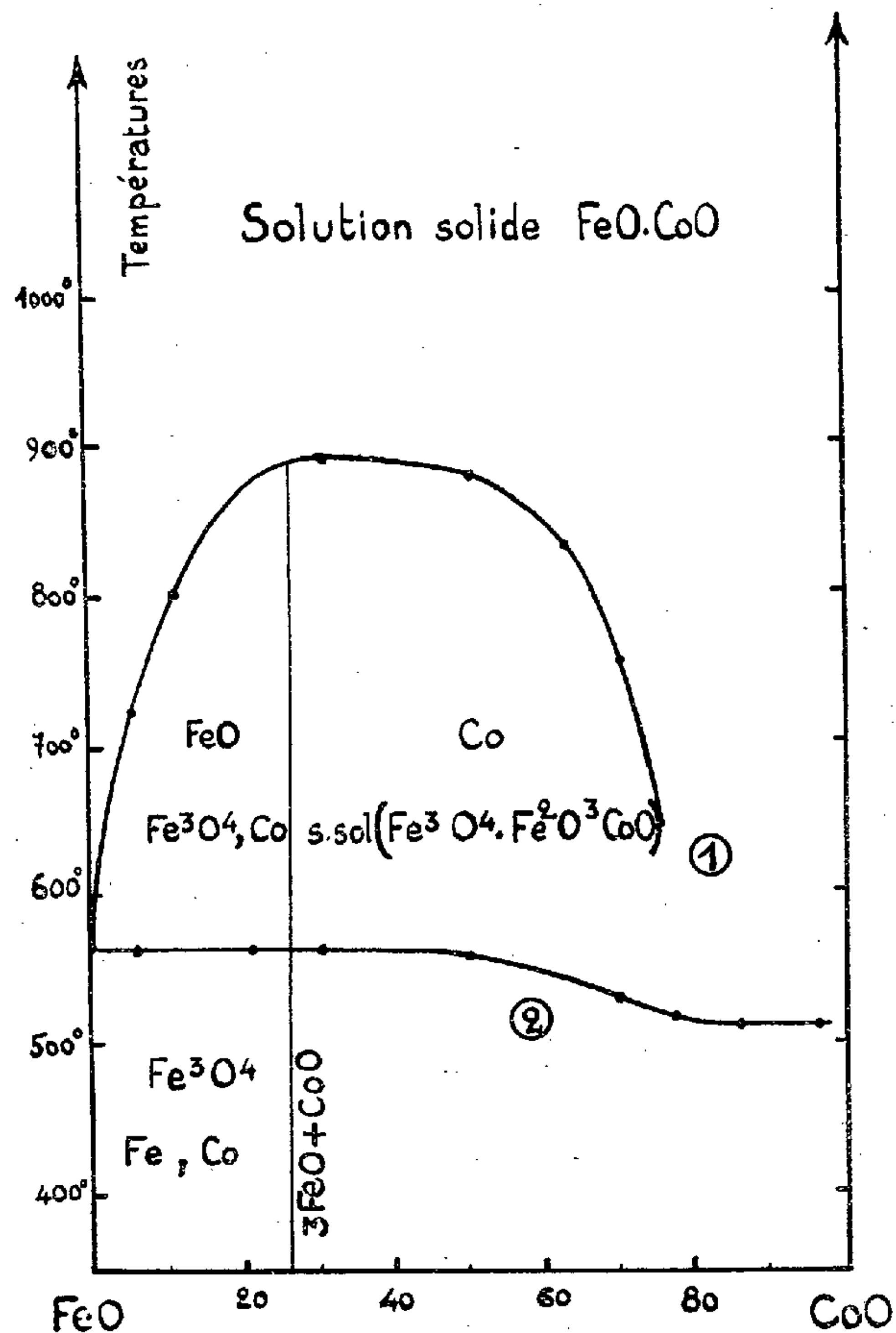
Cette réaction, qui se substitue à la réaction (1), devient réversible à des températures qui varient avec la concentration en CoO.

La présence de cobalt libre est révélée par l'analyse thermomagnétique et les rayons X; nous avons pu montrer que son apparition était bien liée au processus indiqué en étudiant séparément les réactions (2) et (3) dans chaque sens. On constate que la réduction de CoO par le fer est complète dans les conditions des essais et que celle de la magnétite par le cobalt est bien réversible aux températures indiquées par le diagramme.

On est donc conduit à distinguer, pour les teneurs en CoO inférieures à la composition $3\,FeO + CoO$, les zônes suivantes :

(1) G. Chaudron, *Comptes rendus*, 1921, **172**, p. 152.

a. Au-dessus de la courbe d'équilibre, domaine de la solution solide homogène.



Courbe 1. — Températures d'équilibres des systèmes du type $4FeO = Fe + Fe_3O_4$.
Courbe 2. — Températures des points de Curie de la magnétite et de ses solutions solides.

b. Entre cette courbe et l'horizontale 570°, domaine de la magnétite du cobalt et du protoxyde de fer en excès.

c. Au-dessous de 570°, domaine de la magnétite, du cobalt et du fer. Au delà de ce rapport, l'excès de protoxyde de cobalt se dissout dans la magnétique sous forme de ferrite de cobalt; nous aurons prochainement l'occasion de préciser la nature de cette solution solide dont la formation se traduit par un abaissement du point de Curie de Fe^3O^4 et une diminution de son paramètre cristallin; elle tend du reste vers le ferrite pur, comme l'indique le point de Curie limite.

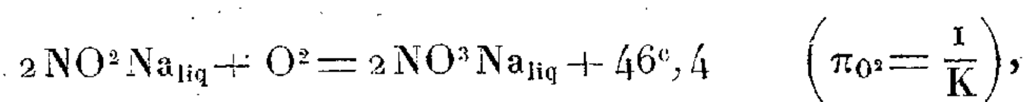
Nous avons fait les mêmes études avec différents protoxydes. Les uns qui, comme la magnésie et le protoxyde de nickel, possèdent un paramètre cristallin inférieur à celui de FeO, agissent dans le même sens que l'oxyde de cobalt en augmentant son domaine d'instabilité. D'autres, tels que ceux de manganèse et de calcium dont le paramètre est supérieur à celui de FeO, agissent au contraire en sens inverse.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Remarques sur les conditions de possibilité d'une réaction hétérogène avec phase gazeuse, en cas de miscibilité des phases condensées.* Note de M. **Maurice Dodé**, présentée par M. Georges Urbain.

Théoriquement, tout au moins, la thermodynamique permet de déterminer *a priori* les conditions de possibilité d'une réaction hétérogène, toutes les fois que les phases condensées sont constituées par des corps purs. En pratique, on sait que la formule simplifiée de Nernst fournit des résultats assez satisfaisants et constitue par là même un guide précieux pour toute étude expérimentale des réaction de ce genre.

Il n'en est malheureusement plus de même lorsque les corps condensés se dissolvent réciproquement. Et ceci est d'autant plus regrettable que, les conditions d'équilibre dépendant alors de la composition des phases condensées, l'étude expérimentale de tels systèmes est elle-même beaucoup plus longue et plus délicate.

Je me suis demandé s'il ne serait pas possible de déterminer, ne fusse que très approximativement, les conditions d'équilibre d'une réaction mettant en jeu des phases condensées mixtes, à partir de celles que l'on peut calculer en négligeant la miscibilité. Autrement dit, en prenant un exemple concret, ayant calculé grâce à la formule de Nernst la pression π_{O^2} d'oxygène théoriquement suffisante pour réaliser l'oxydation du nitrite de sodium en nitrate, suivant la réaction supposée monovariante,



$$2NO^2Na_{liq} + O^2 = 2NO^3Na_{liq} + 46^c,4 \qquad \left(\pi_{O^2} = \frac{1}{K}\right),$$

est-il possible de fixer l'ordre de grandeur de la pression p_{O^2} qu'il sera réellement nécessaire d'employer pour obtenir une oxydation complète, sachant que le nitrite et le nitrate de sodium sont entièrement miscibles à la température de la réaction? Plus modestement même, p_{O^2} est-il très différent de π_{O^2} et de quels facteurs principaux dépend l'écart de ces deux

pressions? Ces différents points n'ayant à ma connaissance jamais été précisés, il m'a paru intéressant de les examiner.

A cet effet, appliquons la loi d'action de masse au système précédent, en admettant que la réaction a lieu entièrement en phase gazeuse. Désignant par p_1 et p_2 les pressions partielles du nitrite et du nitrate de sodium, et admettant que leurs vapeurs sont monomoléculaires, nous obtenons

$$(1) \qquad k = \frac{p_2^2}{p_1^2 p_{O^2}},$$

formule applicable à tous les cas, qu'il y ait ou non miscibilité. Nous voyons de suite que si nous connaissions le diagramme d'équilibre vapeur mixte, liquide mixte, le problème serait entièrement résolu. Mais cela n'ayant évidemment jamais lieu, nous ferons l'hypothèse (sans doute dans bien des cas assez éloignée de la réalité) que le mélange liquide est un mélange idéal.

Les tensions de vapeur p_1 et p_2 étant alors proportionnelles aux fractions moléculaires N_1 et N_2 des constituants 1 et 2 dans le mélange, on peut écrire $p_1 = N_1 P_1$, $p_2 = N_2 P_2$, $N_1 + N_2 = 1$, P_1 et P_2 étant les tensions de vapeur saturante des corps purs à la température de l'expérience. La loi d'action de masse (1) devient alors

$$k = \frac{P_2^2 N_2^2}{P_1^2 N_1^2 . p_{O^2}}, \qquad \text{soit encore} \quad \frac{P_1^2}{P_2^2} k = K = \frac{1}{p_{O^2}} \frac{N_2^2}{N_1^2},$$

où K a la même valeur que si les phases condensées n'étaient pas miscibles, soit $1/\pi_{O^2}$. On en déduit $p_{O^2} = \pi_{O^2} \times N_2^2/N_1^2$, soit pour un cas quelconque

$$(2) \qquad p = \pi \frac{N_2^{\nu_2}}{N_1^{\nu_1}} \cdots$$

Lorsque la réaction est très avancée, dans le sens de la fixation du gaz, N_2 est voisin de l'unité, N_1 est au contraire très petit; pour être totale, la réaction devra donc être effectuée sous une pression très supérieure à celle que l'on calcule en négligeant la miscibilité. On voit de plus que le terme correctif sera d'autant plus important que les coefficients réactionnels des composés condensés seront eux-mêmes plus grands. Ainsi, si l'on veut réaliser une réaction complète à 1 pour 100 près ($N_1 = 0,01$) il faudra l'effectuer sous une pression de 100π si $\nu_1 = 1$, de 10000π si $\nu_2 = 2$, (valeur expérimentale pour l'oxydation du nitrite de sodium : 13000π), de 1000000π si $\nu_1 = 3$. Bien qu'il ne faille pas attribuer à ces chiffres une

rigueur qu'ils sont bien loin d'avoir, ils présentent cependant l'intérêt de chiffrer grossièrement l'importance du phénomène et de mettre en relief le rôle capital des coefficients réactionnels des corps condensés.

Sous réserve que les vapeurs soient bien monomoléculaires, la combinaison de l'équation (2) et la formule de Nernst doit permettre de se faire une idée *a priori* sur les conditions d'équilibre de ces systèmes bivariants, en fonction de la composition de la phase condensée. La dissociation du nitrate de sodium ayant été l'objet d'une fort belle étude expérimentale [1], j'ai calculé la température de dissociation commençante des mélanges de nitrate et de nitrite étudiés par Centnerszwer, afin de les comparer aux résultats expérimentaux :

Composition (NO^2Na pour 100)	1.	2.	3.	5.
Température observée (sous 260^{mm})	539	547	562	567
Température calculée (sous 260^{mm})	547	587	612	647
Température calculée en négligeant la miscibilité	940°			

Comme il fallait s'y attendre, la concordance est loin d'être rigoureuse. On voit cependant que la théorie rend compte de l'allure générale du phénomène.

Inversement, on voit qu'il n'est pas possible, connaissant la tension de dissociation d'un corps pur, de calculer une chaleur de réaction au moyen de la formule de Nernst lorsque les produits de la dissociation sont solubles dans ce corps pur. Les valeurs ainsi obtenues seraient toujours par défaut, et cela d'autant plus que les coefficients réactionnels des composés condensés seraient plus grands. Pour $\nu = 1$, l'ordre de grandeur de Q serait à peu près respecté; mais déjà pour $\nu = 2$, l'erreur serait énorme. Dans le cas du nitrate de sodium, on trouverait $28^c,5$ au lieu de $46^c,4$.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la corrosion des assemblages*. Note de MM. **Jean Cournot** et **Marc Baudrand**, présentée par M. Léon Guillet.

La présente Note résume les résultats obtenus dans la première partie d'une recherche entreprise à l'instigation de la Commission française aéronautique d'étude de la corrosion en vue de préciser les phénomènes électrochimiques de corrosion sur assemblages et les méthodes d'autoprotection.

(1) Centnerszwer, *J. Chem. phys.*, 27, 1930, p. 9.

Nous avons commencé par les assemblages de rivetage, les métaux assemblés étant (tôles de 10/10^{mm} d'épaisseur) :

Trois alliages légers : alliage à haute résistance (Cu = 3,8, Si = 0,4, Fe = 0,5, Ni = 0,5, Cr = 0,5) trempé et revenu, le même plaqué d'aluminium très pur, un alliage à 9,4 pour 100 de magnésium (Mn = 0,4, Fe = 0,3, Si = 0,1);

Quatre aciers : acier inoxydable à 7,70 pour 100 de nickel et 17,92 pour 100 de chrome (C = 0,12) hypertrempé, acier chrome-molybdène (C = 0,23, Cr = 0,98, Mo = 0,33) normalisé, acier nickel-chrome demi-dur (C = 0,35, Ni = 2,94, Cr = 0,76) trempé à l'huile à 850° et revenu à 650°, acier nickel-chrome autotrempant (C = 0,35, Ni = 3,03, Cr = 2,87) trempé à l'air à 850° et revenu à 650°.

Les rivets étaient de trois types (4^{mm} de diamètre de corps) :

alliage léger à haute résistance ci-dessus;

le même, cadmié par électrolyse;

acier inoxydable ci-dessus.

Les éprouvettes (plaquettes de 90 × 120^{mm}) étaient décapées, dégraissées, lavées, sablées (tamis de 80) et essayées en immersion totale verticale dans l'eau de mer artificielle dont la concentration était maintenue conformément aux prescriptions de la commission; température des essais : 20°; temps : 1680 heures; résultats exprimés par :

observation de la progression d'attaque et photographie;

essai coloriscopique Prot;

mesure de la perte de poids;

abaissement des caractéristiques mécaniques à la traction et à l'emboutissage.

Une étude initiale du rivetage lui-même a nettement montré la supériorité du rivetage à la presse sur le rivetage au marteau; si les résistances mécaniques sont du même ordre lorsque les rivetages sont convenablement exécutés, les coupes macrographiques révèlent un aspect et une répartition de l'écrouissage et des tensions beaucoup plus homogènes, et la tenue à la corrosion est meilleure, dans le cas du rivetage à la presse; voici quelques-uns des résultats obtenus :

		Perte de poids (gr/m²/h).		Perte de résistance %.		Perte de flèche %.	
Tôle.	Rivet.	Presse.	Martelage.	Presse.	Martelage.	Presse.	Martelage.
All. léger HR	All. léger HR	5,1	5,6	5,1	26,2	1,94	18,1
Acier inoxyd.	Acier inoxyd.	0,88	2,03	5,1	11,6	8,9	16,8

Nous avons ensuite étudié la corrosion d'assemblages de deux tôles de même nature avec les trois espèces de rivets (rivetage à la presse); le tableau ci-après donne quelques moyennes de résultats; dans chaque cas, le nombre supérieur représente la perte de poids, les deux autres, la perte de résistance pour 100 et la perte de flèche pour 100 à l'emboutissage :

…ts.	Alliage léger HR.	All. léger HR plaqué Al.	All. léger au magnésium.	Acier inoxydable.	Acier chrome-molybdène.	Acier nickel-chrome demi-dur.	Acier Ni-Cr auto-trempant.
…er HR.	4,1	8,3	12,3	0,15	38,2	34,2	34,1
	19,2 13,5	5,98 18,9	14,6 8,42	8,93 20,7	11,4 15,9	6,7 11,3	11,9 24,8
…ger HR	3,3	5,7	9,6	0,21	41,3	42,7	36,2
…dmié	18,0 17,4	4,35 26,7	11,6 11,6	8,93 19,7	15,4 17,6	10,4 13,2	14,1 24,8
…cier	4,8	8,9	11,9	0,46	43,0	47,0	39,8
…dable.	24,0 20,0	6,52 21,1	13,6 10,5	8,73 22,1	17,0 24,4	11,0 16,0	15,0 28,6

On voit que, pour l'assemblage d'alliages légers, les rivets cadmiés donnent les meilleurs résultats, ceux d'acier étant les moins indiqués; ceci est conforme aux prévisions théoriques. Pour l'assemblage d'aciers, les rivets en alliage léger sans cadmium donnent une autoprotection meilleure; les rivets d'acier sont moins favorables au point de vue tenue à la corrosion, mais ils amènent une sécurité mécanique supérieure.

Nous poursuivons nos recherches sur la corrosion des assemblages hétérogènes rivés et sur les assemblages soudés.

PHYSICOCHIMIE. — *Variation des coefficients d'absorption de l'ozone et température de la haute atmosphère.* Note de M. **Étienne Vassy**, présentée par M. Charles Fabry.

J'ai comparé (1) les coefficients d'absorption de l'ozone à la température de $+20^\circ$C. à ceux du même gaz à la température de -80°C. dans la région des bandes de Huggins. J'ai montré qu'en général, les coefficients des maxima d'absorption ne varient pas et j'ai donné pour les minima d'absorption le rapport α_λ des coefficients d'absorption à -80 à ceux à $+20^\circ$C.

Je me suis alors proposé d'étudier la loi de variation des minima d'absorption entre $+20^\circ$ et -80°C. Pour cela j'ai utilisé le dispositif expérimental suivant : un cryostat, décrit par Lalande (2), se compose de de deux vases de Dewar concentriques entre lesquels on peut introduire de l'air liquide. A l'intérieur du plus petit vase se trouve le bloc thermostatique en cuivre qui consiste en un cylindre creux entouré d'un enrou-

(1) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1426.
(2) *J. Chimie physique*, 31, 1934, p. 456

lement chauffant et d'un serpentin pouvant être rempli de pentane en vue d'assurer la régulation. Avec ce dispositif il est donc possible d'avoir toutes les températures comprises entre la température ambiante et — 150° environ. A l'intérieur du cylindre en cuivre se trouve placée verticalement une cuve cylindrique en quartz. Elle est surmontée d'un tube en pyrex de même diamètre dépassant suffisamment le cryostat et dont la partie supérieure est fermée par une lentille destinée à rendre parallèle la lumière issue d'un tube à hydrogène convenablement placé. La lumière ayant ainsi traversé la cuve qui renferme l'ozone se réfléchit sur un miroir aluminisé placé à 45°, puis sur un autre miroir à 45° et sort verticalement du cryostat par un tube analogue au premier; ce tube est fermé par un prisme à réflexion totale qui renvoie la lumière sur une lentille, qui la concentre sur la fente d'un spectrographe.

La chambre thermostatique est donc complètement fermée et l'ensemble est disposé de façon à rendre impossible tout dépôt de givre sur le trajet de la lumière.

Le spectrographe utilisé est un Hilger E3 donnant une dispersion de 18 Å par millimètre vers 3260 Å, c'est-à-dire environ trois fois plus dispersif que le spectrographe E31 employé au cours du précédent travail.

Le tableau suivant donne, pour les minima d'absorption, les rapports α_λ des coefficients à − 80°C., à ceux à + 20°C. :

λ.......	3359.	3326.	3295.	3268.	3239.	3213.	3190.	3168.	3151.	3130.	3110.
α_λ........	0,40	0,44	0,46	0,50	0,51	0,67	0,72	0,77	0,85	0,92	0,99

Bien que l'allure de la variation de ces rapports en fonction de la longueur d'onde soit semblable à celle obtenue précédemment, on voit que les valeurs correspondantes des rapports sont sensiblement différentes, ce qui met en évidence l'influence de la dispersion du spectrographe.

Mais il résulte des comparaisons opérées entre + 20° et 0°, — 20°, — 40°, — 60°, — 80° que *les coefficients d'absorption des minima diminuent suivant une loi linéaire dans cet intervalle de température.*

Il est alors possible de déterminer la température moyenne de l'ozone atmosphérique d'après les mesures que j'ai effectuées avec les étoiles en collaboration avec MM. Barbier et Chalonge ([1]) et aussi d'après les mesures de M. Dufay ([3]) avec le ciel bleu au zénith.

([1]) *Revue d'Optique*, 14, 1935, p. 425.

([2]) *Quarterly Journal Roy. Meteo. Soc.*, 62 (supp.), 1936, p. 27.

Bien que l'on doive s'attendre à une différence, tenant à ce que la lumière ne suit pas le même trajet dans les deux cas, il est impossible de la mettre en évidence à cause de l'imprécision des mesures. Mais, dans l'un et l'autre cas, on trouve pour la température de l'ozone atmosphérique une valeur moyenne de — 30°C.

Si maintenant nous prenons la distribution verticale de l'ozone trouvée expérimentalement par Regener (1) à l'aide de ballons-sonde et la variation de la température en fonction de l'altitude mesurée à l'aide d'appareils semblables par Gamba (2), on voit que :

14/100e de l'ozone, situés au-dessous de 11^{km}, sont à une température moyenne de — 30°C.

60/100e, compris entre 11 et 30^{km} sont à une température moyenne de — 52°C.

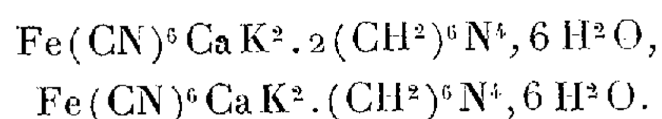
On trouve alors que le reste de l'ozone atmosphérique, soit 26/100e, est à une température moyenne de + 20°C.

Il faut donc supposer que, au-dessus de 30^{km}, il y a un relèvement de la température qui doit être suffisamment grand pour élever la moyenne de — 52° à + 20°C. C'est une confirmation des résultats auxquels on est arrivé par la considération de la propagation anormale du son (3), la disparition des météorites (4) et les phénomènes crépusculaires (5).

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les combinaisons des nitroprussiates et l'hexaméthylènetétramine*. Note de M. **Emmanuel Voyatzakis**, présentée par M. Georges Urbain.

L'hexaméthylènetétramine, de caractère faiblement basique, donne, avec les sels minéraux et certains sels complexes, des combinaisons cristallisées.

Barbieri (6) a décrit les combinaisons de ferrocyanures mixtes de calcium et de métaux alcalins avec l'hexamétylènetétramine, répondant aux formules

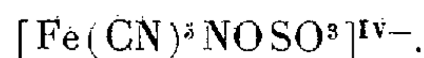


$$Fe(CN)^6CaK^2.2(CH^2)^6N^4, 6\,H^2O,$$
$$Fe(CN)^6CaK^2.(CH^2)^6N^4, 6\,H^2O.$$

(1) *Physik. Zeits.*, **35**, 1934, p. 788.
(2) *Variazione degli elementi meteorologici con l'altitudine*, Torino, 1918.
(3) Whipple, *Quat. Journ. Roy. Meteo. Soc.*, **58**, 1932, p. 471.
(4) Lindemann et Dobson, *Proc. Roy. Soc.*, **102**, 1923, p. 411.
(5) Link, *Comptes rendus*, **200**, 1935, p. 78.
(6) *Gazz. Chim. Ital.*, **60**, 1930, p. 229-243.

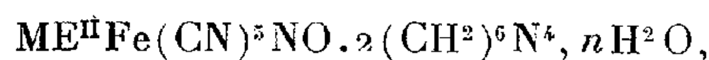
Récemment, L. Debucquet et L. Velluz [1] ont préparé quelques combinaisons nouvelles de cette base organique avec les chromates, bichromates, ferri- et ferrocyanures calciques et magnésiens.

D'autre part G. Scagliarini [2] isole les sels de Cd, de Zn, de Ni et de l'hexaméthylènetétramine de l'ion tétravalent



$$[Fe(CN)^5NOSO^3]^{IV-}.$$

Nous avons préparé les nitroprussiates des métaux alcalins, des alcalinoterreux, du magnésium et de l'hexaméthylènetétramine répondant aux formules



$$ME^{II}Fe(CN)^5NO.2(CH^2)^6N^4, nH^2O,$$



$$ME^{II}Fe(CN)^5NO.(CH^2)^6N^4, nH^2O.$$

On obtient, suivant le mode opératoire *a*, les combinaisons contenant 2^{mol} d'hexaméthylènetétramine; préparées suivant le mode *b*, elles n'en contiennent qu'une seule.

a. A une solution concentrée et chaude de sel alcalin ou alcalinoterreux et d'hexa, on ajoute une solution de nitroprussiate de sodium. Il se forme presque immédiatement un précipité cristallin, ou essore, on lave à l'alcool et sèche à l'air.

On obtient des sels bien cristallisés, solubles dans l'eau, insolubles dans les solvants organiques usuels. Les acides minéraux les décomposent en libérant le formol de la base organique.

1. $CaFe(CN)^5NO.2(CH^2)^6N^4, 8H^2O$. Cristaux roses solubles dans l'eau, insolubles dans l'alcool.

Analyse. — Trouvé pour 100 : Fe 8,5; Ca 6,2; N 28,75; calculé pour 100 : Fe 8,2; Ca 5,8; N 28,8.

2. $SrFe(CN)^5NO.2(CH^2)^6N^4, 6H^2O$. Cristaux rougeâtres.

Analyse. — Trouvé pour 100 : Fe 8,5; Sr 12,6; calculé pour 100 : Fe 8,08; Sr 12,6.

3. $BaFe(CN)^5NO.2(CH^2)^6N^4, 4H^2O$. Cristaux rougeâtres.

Analyse. — Trouvé pour 100 : Fe 8,1; Ba 20,1; Base, 37,8; calculé pour 100 : Fe 7,9; Ba 19,4; Base 38,2.

4. $MgFe(CN)NO.2(CH^2)^6N^4, 7H^2O$. Cristaux roses pâles.

Analyse. — Trouvé pour 100 : Fe 9,07; Mg 3,07; N 30,3; calculé pour 100 : Fe 8,6; Me 3,7; N 30,3.

5. $K^2Fe(CN)^5NO.2(CH^2)^6N^4, 3H^2O$. Cristaux rougeâtres.

Analyse. — Trouvé pour 100 : Fe 9,3; Base 43,8; calculé pour 100 : Fe 8,9; Base 44,6.

6. $Na^2Fe(CN)^5NO.2(CH^2)^6N^4, 4H^2O$. Cristaux un peu plus rougeâtres que les précédents.

Analyse. — Trouvé pour 100 : Fe 9,5; Ba 44,7; calculé pour 100 : Fe 9,1; Base 45,6.

---

[1] *Bul. Soc. chim. Fr.*, 53, 1933, p. 1288-1291.

[2] *Atti Lincei*, 22, 1935, p. 155-159.

7. $Li^2Fe(CN)^5NO.2(CH^2)^6N^4, 3H^2O$. Pour préparer ce sel, on emploie une solution concentrée de sulfate de lithium et d'hexaméthylènetétramine et de nitroprussiate de sodium. Il se forme des cristaux rose pâle (*Analyse* : trouvé pour 100 : Fe, 9,4; Li, 2,2; calculé : Fe, 9,5; Li, 2,3).

b. Si l'on emploie des solutions diluées de sels alcalino-terreux et de magnésium, et que l'on ajoute à ces solutions des solutions concentrées de nitroprussiate de sodium, on obtient des cristaux contenant une seule molécule d'hexaméthylènetétramine.

Ces composés sont stables à l'air; ce sont des cristaux rouges, solubles dans l'eau et insolubles dans l'alcool.

On a obtenu ainsi :

8. $CaFe(CN)^5NO.(CH^2)^6N^4, 4H^2O$. Cristaux rouges (*Analyse* : trouvé pour 100 : Fe, 11,9; Ca, 8,4; Base, 29,04; calculé : Fe, 11,9; Ca, 8,5; Base, 29,9).

9. $SrFe(CN)^5NO.(CH^2)^6N^4, 5H^2O$. Cristaux rouge sang (*Analyse* : trouvé pour 100 : Fe, 10,7; Sr, 15,89; N, 26,01; calculé : Fe, 10,4; Sr, 16,4; N, 26,2).

10. $MgFe(CN)^5NO.(CH^2)^6N^4, 6H^2O$. Cristaux roses (*Analyse* : trouvé pour 100 : Fe, 11,3; Mg, 4,9; base, 29,3; calculé : Fe, 11,4; Mg, 4,9; base, 28,7).

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Application à l'échelle microanalytique des méthodes d'analyse quantitative organique par hydrogénation*. Note [1] de Mlle **Alice Lacourt**, présentée par M. Marcel Delépine.

La présente Note montre que l'on peut réaliser à l'échelle microanalytique les dosages par hydrogénation de l'azote, du soufre, des halogènes et de l'oxygène.

Les trois premiers conduisent à des résultats approchés à $\pm 0,3$ pour 100 près. La substance (de 4 à 5^{mg}) est pesée au 0,001 de milligramme, les solutions titrées 0,01 *n* sont prélevées au moyen de microburettes en verre épais, à écoulement capillaire très fin et munies de robinet. Ces instruments sont gradués en 0,01 de centimètre cube et permettent d'apprécier le 0,001 de centimètre cube à la loupe [2]. Les résultats sont encore utilisables dans la pratique en travaillant sur 1 ou 2^{mg}. Toutes les précautions sont prises pour éviter les erreurs de lecture, les fluctuations de température, tant pour les burettes que pour les solutions et le virage de l'indicateur (dosage de l'*azote*). On veille dans le dosage du *soufre*, à ne

---

(1) Séance du 7 décembre 1936.

(2) La burette de K. Schwartz (*Mikrochemie*, **18**, 1935, p. 1), graduée en $0^{cm^3},001$ et permettant la lecture du 0,0001 de centimètre cube convient lorsque des quantités très réduites sont à doser.

commencer l'addition de l'iode titré, en vue de l'oxydation du sulfure de zinc, qu'à un mélange parfaitement refroidi. On achève le dosage du *chlore* volumétriquement, ceux du *brome* et de l'*iode* gravimétriquement selon les techniques de l'École autrichienne de microanalyse. Ces deux derniers dosages conduisent à des résultats approchés à $\pm$ 0,2 pour 100 près.

Le microdosage de *l'oxygène* par hydrogénation, dans des substances ne renfermant que C, H, O, présente un grand intérêt et une réelle valeur pratique. Il s'exécute à $\pm$ 0,2 pour 100 près à raison de six dosages par jour. La quantité de substance pesée au 0,001 de milligramme doit être telle qu'elle fournisse au moins 5^{mg},00 d'eau (coefficient défavorable : 0,89). Les deux absorbeurs pour l'eau sont ceux conçus par A. Friedrich (1). Ces tubes garnis d'anhydrone, pesés selon les prescriptions de l'auteur, atteignent leur constance de poids à $\pm$ 0^{mg},0005 près en quelques minutes; un troisième tube garni d'ascarite capte l'anhydride carbonique. L'appareil de M. ter Meulen (2) nous a servi de modèle, en y remplaçant le chlorure calcique par l'anhydrone. Le tube analytique est celui préconisé par C. Weygand pour le microdosage du carbone et de l'hydrogène (3). Un flacon de Mariotte placé en queue assure aux gaz une vitesse constante de 4^{cm^3} par minute. L'appareil est en ordre de marche lorsque l'essai à blanc exécuté dans les mêmes conditions que l'analyse, n'apporte plus pour les absorbeurs de variations de poids supérieures à 0^{mg},01. Cet essai doit précéder chaque série d'analyses (4).

Analyse. — Le tube étant un ordre de marche, la substance y est introduite sous pression d'hydrogène, les liquides dans une ampoule presque totalement remplie; le four étant à température constante (350°-400°), le tortillon de nickel porté au rouge. L'air qui a pu pénétrer au cours de cette opération est éliminé du tube par passage de 100^{cm^3} d'hydrogène (on s'aide d'un tube taré). Pour les substances volatiles ou facilement sublimables, il est nécessaire, pendant cette manipulation de refroidir l'endroit du tube qui les contient. Les absorbeurs tarés sont adaptés et l'analyse est effectuée sous un débit d'hydrogène de 4^{cm^3} par minute. Le catalyseur doit être maintenu à une température constante comprise entre 350° et 400° et le chauffage de la substance bien dosé afin d'éviter le passage de produits organiques dans les absorbeurs. Ceux-ci sont après l'analyse lavés par un courant d'air sec et décarbonaté (100^{cm^3}, 4^{cm^3} par minute). Leur pesée est faite dans les mêmes conditions qu'au début

---

(1) *La pratique de la microanalyse,* adaptation française en préparation, Paris.

(2) *Rec. Trav. Chim, Pays-Bas,* 53, 1934, p. 118.

(3) *Quantitative analytische Mikromethoden der Chemie,* Leipzig, 1931.

(4) Les joints de caoutchouc sont préparés comme pour un microdosage de C. et H.

en tenant compte des fluctuations du zéro de la balance ([1]). Le catalyseur (env. 0g,1) résiste à un grand nombre d'analyses.

Ce microdosage a été appliqué à des substances contenant des halogènes du soufre et de l'azote; l'étude en est poursuivie dans le cas de substances oxygénées renfermant d'autres éléments que le carbone et l'hydrogène. Le plâtre remplaçant l'anhydrone comme absorbant de l'eau ([2]).

Voici quelques résultats :

	P. M.	Calculé.	Trouvé.	$\frac{\Delta x}{x}$.
Azote.		%	%	%
Benzalphénylhydrazone	196	14,29	14,31	+0,21
Benzalazine	208	13,47	13,49	+0,15
Urée	60	46,60	46,64	+0,09
Tétrazine *p*-toluique	262	21,39	21,40	+0,05
Thiobenzamide	137	10,21	10,20	−0,09
Soufre.				
Thiobenzamide	137	23,39	23,35	−0,17
α-thionaphtylhydrazine	202	15,85	15,82	−0,21
$C^6H^5.CS.NHNH.C^6H^4Br$	317	10,09	10,10	+0,10
Thiodiazole *p*-toluique	266	12,02	12,00	−0,17
Halogènes.				
$C^6H^5.CS.NHNH.C^6H^4Br$	317	25,21	25,18	−0,12
$(CH^3S)HgCl$	282,4	12,55	12,57	+0,17
$C^{15}H^{14}N^2S, 2HgCl^2$	796	17,80	17,68	−0,07
Oxygène.				
Acide succinique	118	54,20	54,10	−0,18
» benzoïque	122	26,20	26,25	+0,19
β-naphtol	144	11,10	11,12	+0,18
Benzoïne	212	15,11	15,09	−0,13
Éther oxyde de propyle	102	15,69	15,67	−0,13
Acétone	58	27,58	27,58	0
Trional	242	26,41	26,45	+0,19
Acétanilide	135	11,85	11,87	+0,17
Urée	60	26,65	26,70	+0,19

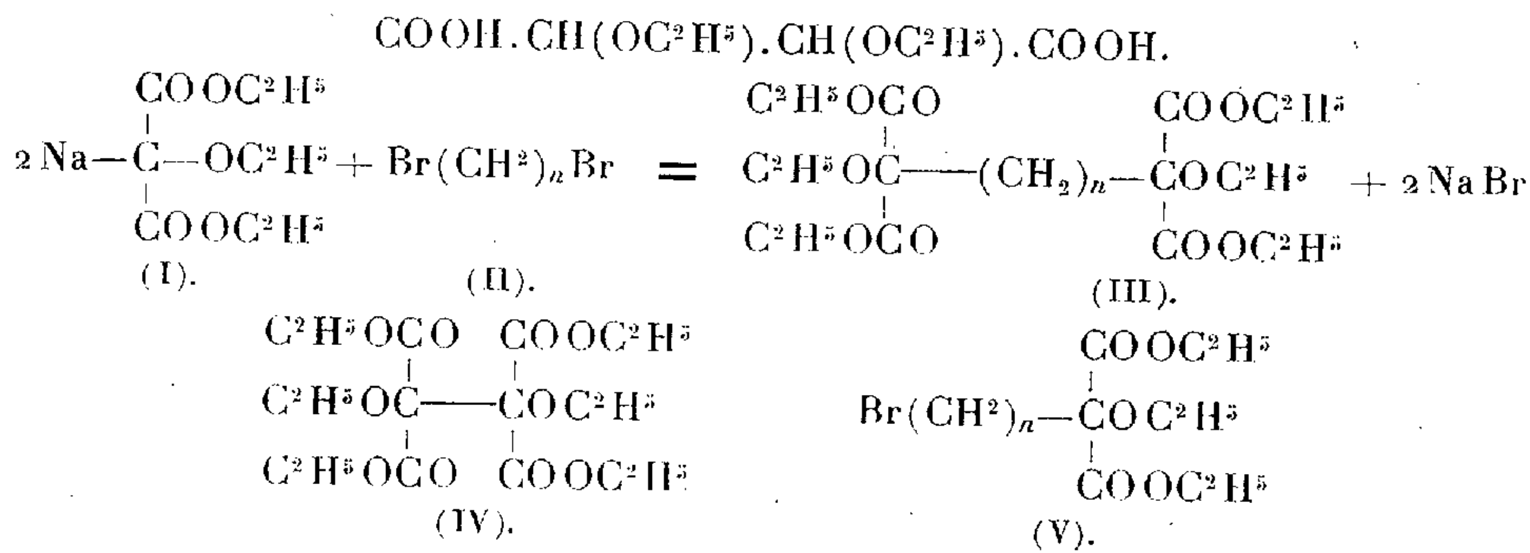
([1]) Nous remercions le Fonds National de la Recherche scientifique qui nous a procuré la pechblende d'urane radioactive permettant de stabiliser notre microbalance et d'effectuer les pesées dans les meilleures conditions.

([2]) *Industrial and Engineering Chemistry*, 7, 1935, p. 102.

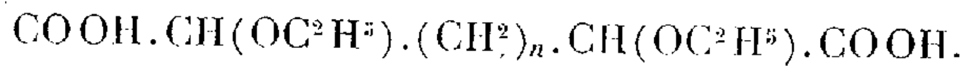
CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse des αα'-diéthoxyacides à chaînes droites.* Note (¹) de M. **Maxence Meyer**, présentée par Marcel Delépine.

J'ai montré (²) que l'éther éthoxymalonique sodé de formule (I) se condense avec l'éther éthoxymalonique bromé pour donner l'éther tétracarbonique de formule (IV). Cet éther, saponifié et décarboxylé, donne le mélange des diastéréoisomères de l'acide diéthoxysuccinique de formule :

$$COOH.CH(OC^2H^5).CH(OC^2H^5).COOH.$$



J'ai préparé des homologues supérieurs de cet acide en intercalant entre les groupements $COOH—CHOC^2H^5$, une chaîne droite de formule $(CH^2)_n$. Pour cela j'ai condensé deux molécules d'éther éthoxymalonique sodé avec un dibromure de formule (II). En prenant les bromures de tri, tétra et décaméthylène, j'ai obtenu les éthers tétracarboniques de formule (III), où n est successivement remplacé par 3, 4 et 10. Ces éthers saponifiés et décarboxylés donnent le mélange des diastéréoisomères des acides



$$COOH.CH(OC^2H^5).(CH^2)_n.CH(OC^2H^5).COOH.$$

Les dibromures ont été préparés par l'action de l'acide bromhydrique sec sur les glycols correspondants.

La condensation avec l'éther éthoxy-malonique se fait de la façon suivante : dans un ballon de trois litres, on met 1000^g d'un solvant constitué par 900^g de toluène et 100^g d'alcool absolu, on y dissout $50^g,6$ ($2^{mol},2$) de sodium, puis on y ajoute 450^g ($2^{mol},2$ d'éther éthoxy-malonique. Après avoir agité la préparatian, on y verse 1^{mol} de dibromure et on laisse en contact pendant 24 heures. Le ballon est ensuite muni, d'un réfrigérant ascendant et l'on fait bouillir la préparation au bain d'huile pendant 6 heures.

(¹) Séance du 7 décembre 1936.

(²) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 189.

Elle est ensuite traitée suivant la technique ordinaire. Après avoir chassé le solvant, on fractionne ce qui reste en quatre parties : on retrouve de l'éther éthoxy-malonique et du dibromure qui n'ont pas réagi, puis successivement les éthers de formules (V) et (III). L'éther qui provient de la condensation réalisée d'un seul côté de la chaîne se forme, bien qu'on ait mis un excès de 10 pour 100 d'éther éthoxy-malonique; on en trouve $0^{mol},25$ à $0^{mol},40$; il peut d'ailleurs se condenser avec l'éther éthoxy-malonique sodé pour donner une nouvelle quantité d'éther (III). On a finalement $0^{mol},75$ à $0^{mol},85$ de cet éther. Les points d'ébullition sont réunis dans le tableau suivant :

	Tétraéther (III).	Diéther bromé (V).
$n=3$......	$E_3 = 130°$-$131°$	$E_3 = 170°$-$171°$
$n=4$......	$E_{2,5} = 129°$	$E_3 = 174°$-$175°$
$n=10$......	$E_2 = 185°$	$E_2 = 222°$

La saponification se fait par la potasse hydroalcoolique. On emploie 440^g de potasse, 400^g d'alcool et 400^g d'eau par molécule.

L'acide de formule

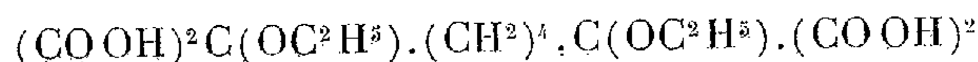


$$(COOH)^2.C(OC^2H^5).(CH^2)^3.C(OC^2H^5)(COOH)^2$$

est très soluble dans l'eau. On l'extrait à l'éther.

Recristallisé dans l'acide acétique, son point de fusion instantané est égal à 190-191°.

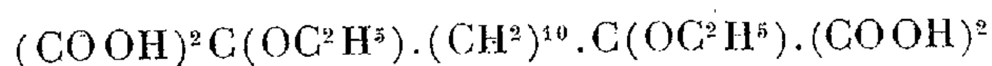
L'acide



$$(COOH)^2C(OC^2H^5).(CH^2)^4.C(OC^2H^5).(COOH)^2$$

est soluble dans l'eau, mais il donne un hydrate peu soluble et qu'on peut faire recristalliser dans l'eau bouillante. Cet hydrate se dissocie et se décarboxyle à des températures qui varient avec sa teneur en eau. Desséché par chauffage progressif jusqu'à 150° au bain d'huile, il donne un hydrate à $4H^2O$ qui se décompose à 178°. Recristallisé dans l'acide acétique anhydre, l'acide correspondant fond à 218-220° au bloc Maquenne.

L'acide



$$(COOH)^2C(OC^2H^5).(CH^2)^{10}.C(OC^2H^5).(COOH)^2$$

fond et se décarboxyle à 110-112°.

Décarboxylés ces acides donnent les $\alpha\alpha'$-diéthoxydiacides correspondants dont on peut séparer les isomères par cristallisations fractionnées dans l'acide acétique. On peut supposer, par analogie avec ce qui se passe pour les dérivés des acides tartriques, que le point de fusion le plus élevé correspond à l'acide inactif par nature, quoique cela ne puisse se démontrer

rigoureusement que par le dédoublement de l'acide fondant bas en ses isomères actifs. Voici les points de fusion de ces différents acides :

Acides diéthoxypiméliques	115 et 82°
Acides diéthoxysubériques	113 et 79-81°
Acides diéthoxytétradécanedicarboniques	85 et 69°,5

J'essaie de décomposer ces acides en dialdéhydes, alcool et oxyde de carbone conformément à un travail publié précédemment en collaboration avec M. Darzens ([1]).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Recherches sur les oxydes anthracéniques dissociables : photooxydes du phényl-9-méthyl-10-anthracène et du phényl-9-éthyl-10-anthracène*. Note de M. **Antoine Willemart** présentée par M. Marcel Delépine.

Alors que les méso-diaryl-anthracènes sont capables de former des photooxydes dissociables par la chaleur ([2]), l'anthracène lui-même donne un photooxyde qui explose vers 120° sans dégagement d'oxygène ([3]). D'autre part le phényl-9-anthracène, de constitution intermédiaire entre les deux sortes d'hydrocarbures précédents, engendre un photooxyde qui se décompose brutalement vers 155° avec dégagement d'oxygène d'environ 12 pour 100 ([4]).

Nous avons entrepris un travail en vue de rechercher l'influence des alcoyles en méso sur la photooxydabilité et sur la dissociabilité des photooxydes éventuellement obtenus : cette présente Note concerne les photooxydes d'hydrocarbures anthracéniques homologues du phényl-9-anthracène en position méso (III).

Le phényl-9-méthyl-10-anthracène et le phényl-9-éthyl-10-anthracène ont été préparés par l'action des magnésiens appropriés sur la phényl-9-anthrone (I) et déshydratation consécutive des phényl-alcoyl-di-hydro-

---

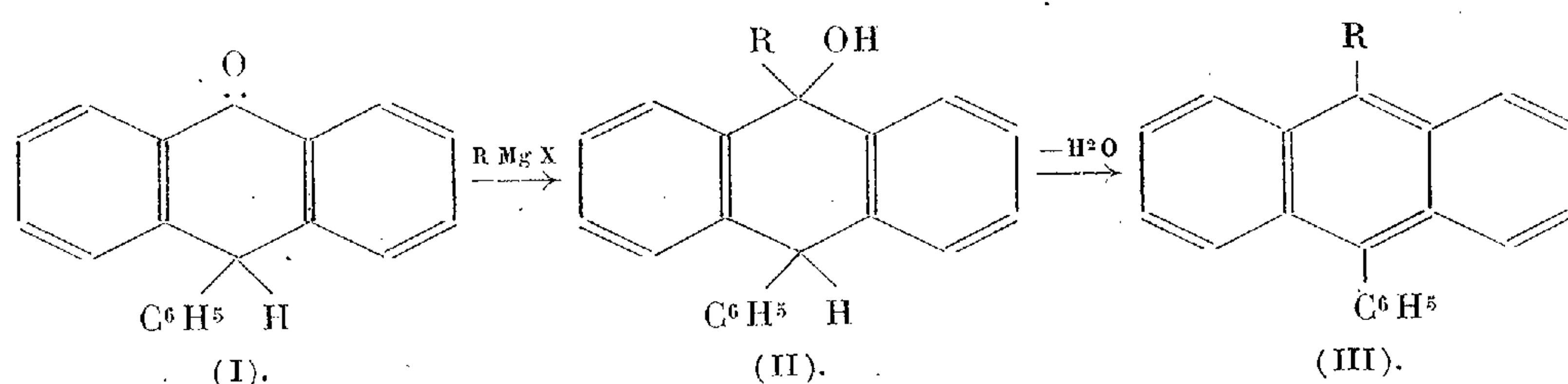
([1]) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 489.

([2]) Ch. Dufraisse et A. Étienne, *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 280; A. Willemart, *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 1201 et *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 140.

([3]) Ch. Dufraisse et M. Gérard, *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 528.

([4]) Ch. Dufraisse, L. Velluz et Mme L. Velluz, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 327.

anthranols (II) obtenus :



[suivant les indications de Barnett et Matthews (1) et de Barnett, Cook et Wiltshire (2)].

Ces deux hydrocarbures, en solution sulfocarbonique, absorbent l'oxygène, sous l'influence de la lumière, pour former des photooxydes cristallisés de compositions respectives $C^{21}H^{16}O^2$ et $C^{22}H^{18}O^2$.

Sous l'action de la chaleur, ces photooxydes se comportent d'une manière assez différente des photooxydes connus des mésodiarylanthracènes qui, eux, se dissocient, *à l'état solide* vers 180°, en hydrocarbure et en oxygène d'une façon presque quantitative. Ces deux nouveaux photooxydes, par pyrolyse, se décomposent en fondant à une température plus ou moins élevée. S'ils laissent bien dégager un gaz formé presqu'en totalité d'oxygène, la quantité obtenue est loin de correspondre à un rendement quantitatif. De plus, on ne régénère pas l'hydrocarbure initial : le résidu est un mélange complexe mal défini et non cristallisé.

Ces nouveaux photooxydes sont à rapprocher des photooxydes d'anthracène et de phényl-9-anthracène en montrant toutefois une stabilité plus grande : la température de décomposition varie en effet dans le sens indiqué dans le tableau suivant :

Photooxyde de	Température de décomposition.	Oxygène dégagé (pour 100).
Anthracène	120°	0
Phényl-9-anthracène	155	12
Phényl-9-méthyl-10-anthracène	170	20
Phényl-9-éthyl-10-anthracène	200	35

Il faut, en outre, remarquer que la quantité d'oxygène dégagé varie dans le même sens.

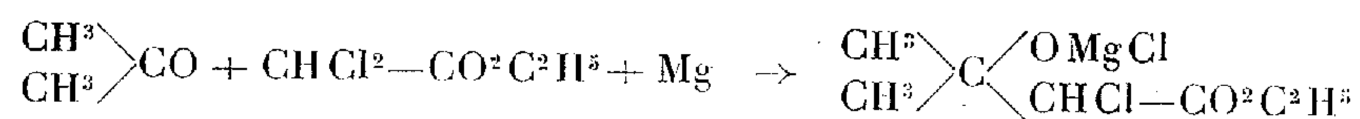
(1) *Ber. deutsch. chem. Gesell.*, 59, 1926, p. 1437.

(2) *J. Chem. Soc.*, 1927, p. 1724.

Ch. Dufraisse [1] a antérieurement défini l'oxydabilité réversible en la rattachant à deux critères fondamentaux : d'une part « la mise en liberté de la molécule organique initiale » et d'autre part « le rendement élevé en oxygène dégagé ». Ainsi, à s'en tenir à la simple considération de rendements, on ne pourrait pas conclure en toute rigueur à une véritable dissociation des photooxydes de phényl-9-méthyl-10-anthracène et de phényl-9-éthyl-10-anthracène. Pourtant, en raison de l'analogie des structures, il nous semble logique de l'admettre même dans ce cas : les rendements en oxygène dégagé ne seraient faibles que par suite d'une oxydation concomitante de la matière qui, de plus, empêcherait de mettre en évidence la régénération de l'hydrocarbure initial.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Nouvelle méthode générale de condensation de l'ester dichloracétique avec les cétones et les aldéhydes par l'emploi d'amalgames métalliques très dilués.* Note de M. **Georges Darzens**, présentée par M. Marcel Délépine.

Dans un travail déjà ancien [2], j'ai montré que l'ester éthyl dichloracétique se condense avec l'acétone par l'action d'un amalgame de magnésium préparé en dissolvant une partie de ce métal dans douze parties de mercure pour donner l'ester α-chlor-β-oxy-isovalérianique



$$\begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}\!\!>CO + CHCl^2-CO^2C^2H^5 + Mg \rightarrow \begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}\!\!>C\!\!<\begin{matrix}OMgCl\\CHCl-CO^2C^2H^5\end{matrix}$$

Cette technique ne m'a toutefois pas permis de généraliser cette réaction à d'autres cétones où à des aldéhydes.

Étant donné l'intérêt de cette synthèse, j'en ai repris l'étude car il paraissait anormal qu'elle ne pût pas être généralisée. J'ai alors été amené à penser que ce résultat pourrait être atteint en remplaçant l'amalgame à douze parties de mercure par un amalgame beaucoup plus dilué où le magnésium serait à l'état monoatomique et par suite plus actif.

On sait en effet, par la cryoscopie des métaux dans le mercure, que ces éléments ont la forme monoatomique en solution très diluée, alors que la plupart donnent des combinaisons stables avec le mercure.

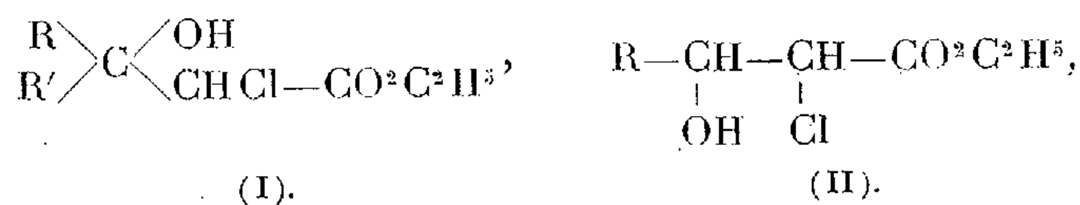
---

(1) *Ve Conseil de Chimie Solvay* (Bruxelles), 1935, p. 214 et 215.

(2) *Comptes rendus*, 151, 1910, p. 883.

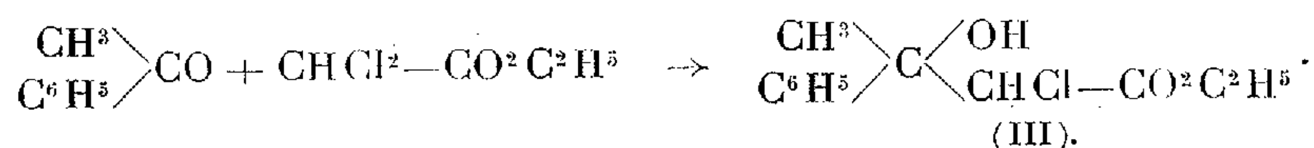
L'expérience a pleinement confirmé cette supposition. Avec des amalgames préparés en dissolvant une partie de magnésium dans au moins cinquante parties de mercure, on réalise effectivement la susdite condensation de l'ester dichloracétique avec toutes les cétones et toutes les aldéhydes et ce avec des rendement remarquablement élevés.

On dispose donc ainsi d'une excellente méthode générale de synthèse d'esters α-chlor-β-hydroxy de formules (I) et (II) :



où R et R′ sont des radicaux quelconques aliphatiques, aromatiques ou hydroaromatiques.

On réalise ces synthèses par la technique suivante où, à titre d'exemple, est donnée la condensation de l'ester dichloracétique avec l'acétophénone :



Dans un ballon de 750^{cm^3} de préférence en pyrex, on commence par préparer l'amalgame en chauffant à feu nu et dans un courant d'hydrogène un mélange de $7^g,5$ de Mg et de 375^g de Hg. On laisse refroidir cet amalgame dans l'hydrogène, puis on verse dans le ballon une solution de 36^g d'acétophénone (3/10ᵉ mol.) de 48^g d'ester éthyl dichloracétique et de 300^g d'éther sec. Par agitation la réaction se déclare tout de suite avec un dégagement notable de chaleur et l'on doit la modérer en refroidissant le ballon sous un courant d'eau; pour la terminer il convient de continuer l'agitation mécaniquement pendant 6 à 10 heures. Le produit est alors versé sur glace additionné d'acide acétique pour dissoudre la magnésie, et l'opération terminée suivant la technique habituelle. On obtient ainsi 68 à 70^g de l'ester de formule III distillant à 166-167° sous 5^{mm}, soit un rendement de plus de 90 pour 100.

Dans ces synthèses, on peut remplacer l'ester dichloracétique par l'ester dibromacétique et l'amalgame de magnésium dilué par ceux de Ca et Zn; enfin, l'éther comme solvant peut être remplacé par le benzène.

Les esters de formule (I) et (II) présentent un grand intérêt : traités par NH^3 ou les amines primaires et secondaires ils donnent des éthers α-amino-*b*-oxy; avec les bases tertiaires ou l'éthylate de sodium ils se transforment

en esters glycidiques et permettent par suite d'accéder à des aldéhydes; enfin, certains d'entre eux, se déshydratent par P^2O^5 pour donner des esters chlores éthlyléniques susceptibles de transformations intéressantes.

La condensation avec les aldéhydes amenant aux esters du type (II) est particulièrement importante car, ainsi que je l'ai démontré dans le temps, la condensation glycidique des aldéhydes avec l'ester monochloracétique est très précaire et non générale.

Observons, pour terminer, que l'emploi des amalgames très dilués et actifs sera certainement susceptible d'autres applications importantes.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Hydrogénation catalytique de l'α-ionone : ionol, dihydroionol, tétrahydroionol, dihydroionone, tétrahydroionone.* Note de MM. **Léon Palfray, Sébastien Sabetay** et **Jean Kandel**, présentée par M. Marcel Delépine.

Quand, il y a quelques années, confirmant les indications très sommaires de R. Penfold, S. Sabetay isola et identifia avec certitude la β-ionone dans un produit naturel (essence de *Boronia Megastigma* Naes) on s'étonna, dans le monde chimique, de ce qu'un produit qui passait pour typiquement synthétique, se rencontrât dans la nature. Mais, depuis qu'on a prouvé que le squelette iononique se trouve dans les caroténoïdes et dans la vitamine A, d'où il est libéré par autoxydation, et surtout depuis que J. Tischer [1] a isolé l'ionone à partir de l'algue *Trentepholia*, on s'étonne, et à plus juste titre, de ce que l'ionone n'ait pas été rencontrée plus fréquemment déjà dans les substances naturelles.

Pour des buts d'identification et pour une connaissance plus approfondie des produits d'hydrogénation, partielle ou totale, de l'ionone, une nouvelle étude s'imposait; car, en dépit de nombreux travaux industriels, certains dérivés de l'ionone sont restés, jusqu'à l'heure actuelle, complètement inconnus ou, tout au plus, sommairement décrits.

L'hydrogénation catalytique de l'α-ionone peut se réaliser par paliers successifs : il se forme d'abord, par disparition de la double liaison extranucléaire, la dihydroionone et le dihydroionol, puis l'on aboutit au stade final, le tétrahydroionol.

En fait, par hydrogénation sur nickel de l'α-ionone (Éb./13 : 126-127°,

---

(1) *Hoppe Seylers Ztschr. physiol. Chem.*, 243, 1936, p. 103.

$n_D^{18} = 1,5009$, $d_4^{18} = 0,9396$), sous une même pression initiale de 150kg dans tous les essais [dispositif de L. Palfray ([1])] à une température de 65°, on obtient un produit (Éb./13,5 : 124-125°, $n_D^{17} = 1,4812$, $d_4^{18} = 0,9246$), très riche en fonction cétonique (96 pour 100 par oximation) qu'on transforme en semi-carbazone, d'où, par hydrolyse oxalique, on régénère la *dihydro-α-ionone* ([2]) dont les constantes sont : Éb./14,5 : 125°, $n_D^{18} = 1,4780$, $d_4^{18} = 0,9250$, R_D calc. pour $C^{13}H^{22}O \overline{|1}$: 59,58, trouvé 59,37. Sa *semi-carbazone* fond à 171-172° corr. (bloc Maquenne).

Si l'hydrogénation s'effectue à 90°, on obtient un mélange d'alcool (21,5 pour 100 par acétylation pyridinée) et de cétone (70 pour 100). L'alcool est isolé par l'intermédiaire, soit de son benzoate, soit de son borate, et purifié par cristallisation fractionnée de son allophanate. On obtient ainsi le *dihydro-α-ionol*, ayant les constantes : Éb./14,5 : 131°,5, $n_D^{16} = 1,4830$, $d_4^{16} = 0,9215$, R_D cal. pour $C^{13}H^{24}O \overline{|1}$: 61,09, trouvé 60,74, identique au produit obtenu par réduction selon Ponndorf (isopropylate d'aluminium) de la dihydro-α-ionone.

De la fraction cétonique de ce produit d'hydrogénation à 90°, nous avons pu, au moyen de sa semi-carbazone, isoler la *dihydro-α-ionone*.

En hydrogénant l'α-ionone à des températures plus élevées (150-240°) on obtient un produit (Éb./14 : 134-134°,5, $n_D^{18,5} = 1,4724$, $d_4^{18,5} = 0,9073$), titrant 93 pour 100 de fonction alcool, qu'on purifie au moyen soit du benzoate, soit de l'allophanate. C'est le *tétrahydroionol* ([3]), liquide épais, à odeur de cèdre et de vétyver, ne donnant aucune coloration avec $SbCl^3$, et possédant les constantes : Éb./15 : 134°,5, $n_D^{19} = 1,4721$, $d_4^{19} = 0,9087$, R_D calc. pour $C^{13}H^{26}O$: 61,55, trouvé : 61,03. L'*allophanate* fond à 164°.

Le tétrahydroionol donne, par oxydation chromique, la *tétrahydroionone* ([4]) qui, régénérée de sa semi-carbazone (F. 194-195° corr., bloc Maquenne, F. 182°, en tube capillaire), possède les constantes : Éb./14 : 127°, $n_D^{15,5}$: 1,4680, $d_4^{15,5}$: 0,9140, R_D calc. pour $C^{13}H^{24}O$: 60,04, trouvé : 59,61.

([1]) *Bull. Soc. chim.*, 3, 1936, p. 508.

([2]) A. Skita, *Ber. dtsch. chem. Ges.*, 45, 1912, p. 3312; L. Ruzibka, *Helv. Chim. Acta.*, 17, 1934, p. 637.

([3]) A. Skita, *Ber. dtsch. chem. Ges.*, 48, 1915, p. 1495; L. Ruzicka, *Helv. Chim. Acta*, 2, 1919, p. 359.

([4]) A. Skita, *Ber. dtsch. chem. Ges.*, 45, 1912, p. 3314; L. Ruzicka, *Hell. chim. Acta*, 2, 1919, p. 359; Gould et Thompson, *J. Am. chem. Soc.*, 57, 1935, p. 340.

L'α-ionol, alcool correspondant à l'α-ionone, ne se trouvant pas dans nos produits d'hydrogénation, nous l'avons préparé par réduction de l'α-ionone au moyen de l'isopropylate d'Al, et nous l'avons purifié par l'intermédiaire, soit du réactif de A. Girard et G. Sandulesco [1] (chlorure de triméthylacéthydrazide-ammonium) qui enlève la cétone non transformée, soit de son *nitrobenzoate* qui fond à 62°,5. L'α-ionol pur possède les constantes : Éb./3 : 103°, Éb./14,5 : 126°,6-127, n_D^{21} : 1,4882, d_4^{21} : 0,9181, R_D calc. pour $C^{13}H^{22}O\,|\overline{2}$: 60,63, trouvé : 60,90. Par oxydation chromique, on revient à l'α-ionone (dinitro-2,4-phénylhydrazone F. 147-148°).

Si la réduction de l'α-ionone s'effectue au moyen du butylate ou du propylate d'Al, on obtient parfois des résines blondes.

Signalons que, parmi les réactions colorées de l'ionone, celle d'Hanriot [2], au moyen du chloral en milieu chlorhydrique, est des plus employées pour en identifier de petites quantités. Or, cette réaction est commune non seulement à l'α- et β-ionone, mais aussi à l'α-ionol (et probablement au β-ionol); elle est négative avec la tétrahydroionone, le dihydro- et le tétrahydroionol. Tout porte à croire que la double liaison extracyclique joue un certain rôle dans ces réactions. Par ailleurs, certains sesquiterpènes azulénogènes donnent également cette réaction.

L'un de nous poursuivra ce travail sur les produits purs d'hydrogénation des ionones, en vue d'étudier les dérivés halogénés, les éthers, les esters, correspondant aux ionols, dihydro- et tétrahydroionols et aussi les dérivés des ionones correspondant à ces alcools.

CHIMIE APPLIQUÉE. — *Étude thermomagnétique des catalyseurs au fer utilisés dans la synthèse des hydrocarbures par le procédé Fischer*. Note [3] de MM. **Henri Lefebvre** et **Georges Le Clerc**, présentée par M. Marcel Delépine.

On sait que l'addition de quelques millièmes de carbonate de potassium aux catalyseurs au fer utilisés dans l'hydrogénation de l'oxyde de carbone sous la pression atmosphérique élève le rendement en hydrocarbures

---

(1) *Helv. Chim. Acta*, 27, 1936, p. 1095.

(2) 8th *International Congress of applied Chemistry*, Washington et New-York, 25, 1912, p. 373.

(3) Séance du 7 décembre 1936.

liquides et augmente leur poids moléculaire moyen. L'analyse thermomagnétique nous a montré que cela est dû à une modification profonde de la structure du catalyseur.

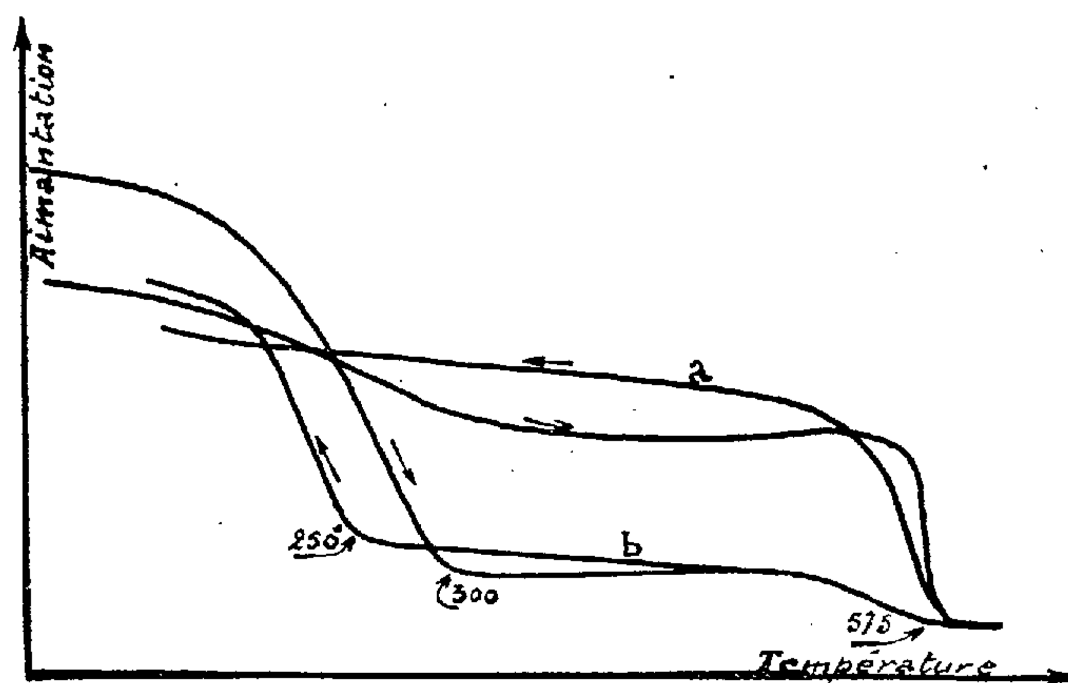
Les catalyseurs sont préparés par précipitation de nitrate ferrique pur par de l'ammoniaque, de la soude ou du carbonate de potassium; l'oxyde est soigneusement lavé, et additionné, s'il y a lieu, de 0,1 à 1 pour 100 de CO^3K^2; puis il est séché, granulé et réduit par l'hydrogène à 250°. On envoie dans le tube de catalyse, maintenu à la température optimum (250° environ), un mélange de composition $CO + 2H^2$, à un débit horaire égal à cent fois le volume catalytique. On recueille par condensation les hydrocarbures liquides ou solides à la température ordinaire.

Les catalyseurs non additionnés de CO^3K^2 donnent tous par mètre cube de gaz traité, aussi bien au début de leur fonctionnement qu'après 200 heures, 25^g d'une essence facilement volatile. Leur activité ne dépend pas de l'agent de précipitation employé, pourvu que le lavage ait été suffisant. De petites quantités de catalyseur ont été prélevées soit aussitôt après réduction, soit au cours de la catalyse, avec les précautions voulues pour en éviter toute altération; on les a soumises, en ampoules scellées sous vide, à l'analyse thermomagnétique. On a toujours obtenu des courbes telles que le diagramme *a*, qui est caractéristique de la magnétite; ce corps constitue donc à lui seul la totalité du catalyseur.

Quant aux catalyseurs additionnés de CO^3K^2, ils se comportent durant les premières heures de leur fonctionnement tout à fait comme les précédents. Mais vers la 20e heure apparaissent, dans les appareils de condensation, des huiles et des paraffines solides à la température ordinaire. Après 50 heures environ, la catalyse est stabilisée et se poursuit sans changements jusqu'à la fin de l'essai d'une durée de 8 jours. Le rendement, rapporté au mètre cube du mélange $CO + 2H^2$, est alors de 45^g d'hydrocarbures, se décomposant approximativement en 20^g d'essence, 10^g d'huile et 15^g de paraffine. Le catalyseur neuf donne à l'analyse thermomagnétique une courbe telle que *a* : tout le fer qu'il comporte est donc à l'état de magnétite, comme dans le cas où il n'y a pas de CO^3K^2. Mais après quelques dizaines d'heures de service, il donne une courbe qui présente deux points de Curie : l'un, placé à 575°, indique la présence de magnétite; l'autre situé vers 250°, semble correspondre, d'après les travaux de MM. A. Michel et G. Chaudron (1), à la solution solide limite de ferrite de

(1) *Comptes rendus*, **201**, 1935, p. 1191.

potassium dans le sesquioxyde de fer cubique. Ce point de vue est confirmé : 1° par l'analyse chimique qui montre que pour faire passer de la potasse en solution une hydrolyse est nécessaire (par exemple au moyen d'acide acétique dilué), et qu'une certaine quantité de fer, parfois même sa presque totalité, est à l'état de Fe^2O^3 (provenant d'une oxydation de la magnétite au cours même de la catalyse); 2° par l'action de l'hydrogène pur qui, à 250°, redonne de la magnétite.



Courbes d'aimantation d'un catalyseur au fer additionné de 1 pour 100 de CO^3K^2. *a*, sur un prélèvement fait au début de la catalyse; *b*, sur un prélèvement fait après 50 heures de catalyse.

La courbe *b* de la figure correspond au cas d'un catalyseur additionné d'environ 1 pour 100 de CO^3K^2 et arrivé à sa forme stable; il ne contient pour ainsi dire plus de magnétite. Un catalyseur contenant du CO^3K^2, mais en quantité moindre, ou non encore stabilisé, donne une courbe intermédiaire entre *a* et *b* : l'aimantation diminue notablement vers 250° puis reste constante jusqu'à 575°, où elle s'annule. Ceci prouve que la seule solution solide stable dans les conditions de la catalyse est la solution solide limite.

Nous avons donc montré ainsi : 1° que la magnétite catalyse exclusivement la formation d'essence ; 2° qu'en présence de CO^3K^2 se forme progressivement, aux dépens de la magnétite, la solution solide limite de ferrite de potassium dans le sesquioxyde de fer cubique. Celle-ci peut arriver à constituer à elle seule presque tout le catalyseur, et donne non seulement de l'essence, mais en plus des hydrocarbures gras de poids moléculaire élevé allant jusqu'à la paraffine.

BOTANIQUE. — *L'édification de la tige des Monocotylédones.* Note de M. **Pierre Chouard**, présentée par M. Louis Blaringhem.

L'étude anatomique du développement des bulbes m'a montré : 1° qu'ils présentaient des formations secondaires corticales, généralement très nettes, et parfois identiques à celles qui ont été décrites chez le *Yucca*, etc.; 2° que ces formations se rattachaient au processus normal d'édification du plateau. Il était donc nécessaire de rechercher si ces formations dites secondaires, et réputées jusqu'ici exceptionnelles, n'auraient pas un rôle général dans l'édification de la tige des Monocotylédones.

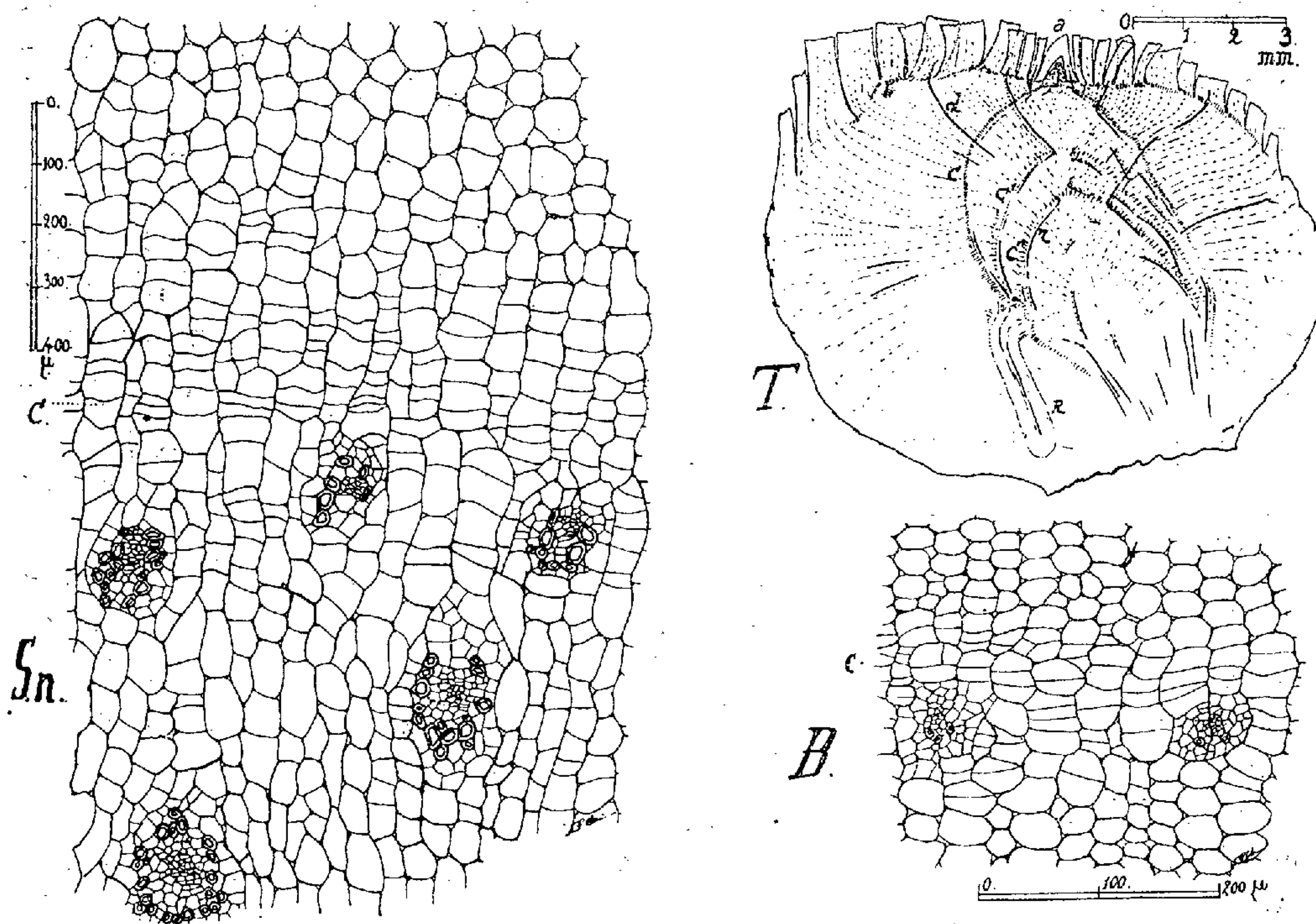
Ce rôle est en effet très net chez les espèces sans entre-nœuds, comme les *Yucca*, *Agave*, *Scilla*, *Hyacinthus*, *Bromelia*, *Tillandsia*, *Kentia*, *Trachycarpus*, etc. Le sommet de l'axe est coiffé par une calotte de méristème; la face externe, découpée en lunules contiguës, correspond à chaque ébauche foliaire, produit les longues files de cellules des feuilles, à croissance basilaire chez ces plantes. La face interne produit des couches de cellules qui s'appuient sur les parties plus anciennes de l'axe. Les cellules formées se disposent en files en éventail.

Le sommet de l'axe, ou apex, est occupé par un mamelon qui se découpe en feuilles repoussées ensuite de côté. Aucune partie de l'apex n'a la nature d'un sommet de tige, car chacune de ses parties devient successivement une feuille. La calotte de méristème sous-jacent est en continuité avec les bases des feuilles; ses files cellulaires s'y prolongent. Elle a la valeur de bases foliaires concrescentes. L'anatomie comparée des bulbes montre tous les degrés de concrescences et justifie cette conception Il n'y a donc pas de tige, à proprement parler, du moins au stade végétatif : la souche, le stipe ou le plateau sont formés par l'empilement des bases foliaires confondues.

L'architecture vasculaire correspond à l'édification des parenchymes : des *traces vasculaires directes* prolongent les nervures, dans le sens des files cellulaires, jusqu'à la face interne de la calotte de méristème. Là, au contact des tissus plus anciens, se forment, dans le sens des courants de sève, des *traces vasculaires récurrentes*, épanouies radialement à la face interne de la calotte; ce processus se répète à chaque étage de croissance, et explique la courbure et l'entrecroisement des faisceaux des Monocotylédones.

Si l'activité de la calotte de méristème, à sa face interne, au lieu de

s'éteindre rapidement vers la périphérie, comme chez les Palmiers, subsiste au pourtour, rabattu en un fourreau cylindrique, alors on aperçoit, en coupe transversale, les formations dites secondaires. Ce sont les mêmes files de cellules, mais disposées ici radialement, qui apparaissent avec leurs cloisons tangentielles. Les faisceaux récurrents les plus récemment formés se montrent, coupés transversalement, et ennoyés dans les files de parenchyme.



S. n. : Coupe transversale à travers la base du long plateau de *Scilla natalensis*, montrant les faisceaux récurrents ennoyés et la face interne du méristème actif, *c*, simulant un cambium. Cette coupe ressemble exactement aux formations, dites secondaires, du *Yucca*.

T : Coupe longitudinale d'une souche de *Tillandsia*. La calotte de méristème, située jadis en *c'*, *c''*, ..., occupe maintenant l'espace entre le niveau *c* et les bases des feuilles *b*. On distingue l'apex *a*, les files de cellules en éventail, les traces directes *d*, et récurrentes *r*.

B : Aspect rudimentaire de cambium en coupe transversale oblique chez *Bromelia*.

Une telle structure apparaît déjà chez certaines Broméliacées; elle devient nette chez beaucoup de bulbes; elle prend une grande importance chez les *Yucca*, *Agave*, etc., parce que l'activité du manteau de méristème, au lieu de s'éteindre, se prolonge et s'amplifie.

En résumé, les Monocotylédones, à leur stade végétatif, n'ont pas de

vraie tige ; en général, elles ont une souche formée par l'empilement des tissus nés de la calotte de méristème formant la base des feuilles. L'extension plus ou moins grande de l'activité de la face interne de cette calotte explique le cas des Monocotylédones à soi-disant formations secondaires.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur un nouvel alcaloïde, la formosanine, extrait de l'*Ourouparia formosana *Matsumura et Hayata*. Note de M. **Raymond-Hamet**, présentée par M. Marcel Delépine.

Des trois espéces d'*Ourouparia* qui ont seulement été chimiquement étudiées jusqu'ici, à savoir les *Ourouparia rhynchophylla* (Miquel) Matsumura, *O. Kawakamii* (Hayata) Raymond-Hamet et *O. Gambir* (Roxburgh) Baillon, trois alcaloïdes différents ont été isolés : la rhynchophylline ([1]), l'hanadamine([2]) et la gambirine([3]). D'une quatrième espèce, l'*O. formosana* Matsumura et Hayata, nous avons extrait un alcaloïde cristallisé qui diffère nettement des trois précédents. Nous le désignerons sous le nom de formosanine.

Les microanalyses d'un échantillon très pur de formosanine desséché à 100° dans le haut vide et en présence de pentoxyde de phosphore, ont donné les valeurs moyennes : H 6,54 pour 100, C 68 pour 100, N 7,596 pour 100 qui s'accordent assez bien avec celles qu'exige la formule $C^{21}H^{26}N^2O^4$, soit H 6,92 pour 100, C 68,06 pour 100, N 7,56 pour 100, mais qui ne s'écartent guère plus de celles que le calcul assigne à la formule $C^{21}H^{24}N^2O^4$, à savoir H 6,56 pour 100, C 68,44 pour 100, N 7,60 pour 100.

La microméthode de Zeisel permet d'attribuer à la formosanine, à l'instar de l'hanadamine et au contraire de la rhynchophylline, un seul groupement méthoxyle.

La formosanine se présente sous forme de fines aiguilles parfaitement blanches. Son point de fusion en tube capillaire varie, suivant la rapidité du chauffage, de 202 à 218°. Son pouvoir rotatoire est de + 91°,3 dans le chloroforme et de + 80°,3 dans l'alcool éthylique à 95°.

([1]) H. Kondo, T. Fukuda et M. Tomita, *Journ. of the phamarceut. Soc. of Japan*, 48, 1928, p. 54-56 et 321-324.

([2]) H. Kondo et K. Oshima, *ibid.*, 52, 1932, p. 63-64 et 528-531.

([3]) Raymond-Hamet, *Bull. de l'Acad. de Médecine*, 3e série, 112, 1934, p. 513-517.

La formosanine ne donne de réaction colorée ni avec l'acide sulfurique, ni avec l'acide nitrique, ni, du moins dans un délai de 10 minutes, avec le réactif de Fröhde. Mais elle colore le réactif de Mandelin en rouge orangé, puis en orangé, en jaune orangé, en jaune vert, enfin en vert.

La formosanine, quoique très voisine de l'hanadamine, ne peut être confondue avec cette dernière qui, si l'on en croit Kondo et Oshina, possède un point de fusion de 187° et, en solution dans l'alcool, un pouvoir rotatoire de — 123°,7.

Si l'on admettait avec Makino et Nemoto ([1]), que l'*Ourouparia Kawakamii* est identique à l'*O. formosana*, on comprendrait mal que, de la même Rubiacée, Kondo et Oshima n'aient pu isoler que de l'hanadamine, alors que nous n'y aurions trouvé que de la formosanine. Mais les descriptions de ces deux Rubiacées nous ayant appris que les fleurs de la première sont pédicellées alors que celles de la seconde sont sessiles, nous devons admettre, dans l'état actuel de nos connaissances relatives à la classification du genre *Ourouparia*, non seulement qu'elles constituent réellement des espèces distinctes, mais encore qu'elles appartiennent à deux sections différentes du genre *Ourouparia*, l'*O. Kawakamii* devant trouver sa place dans la quatrième section d'Haviland ([2]), alors qu'il convient de ranger l'*O. formosana* dans la cinquième section de ce botaniste.

Ajoutons que la rhynchophylline, l'hanadamine et la formosanine, alcaloïdes des *Ourouparia*, forment avec la mitraversine, la mitraphylline et la mitrinermine ([3]), alcaloïdes des *Mitragyna*, un groupe extrêmement homogène. Contrairement à Kondo et à C. Scholz ([4]) qui ont rapproché la rhynchophylline et l'hanadamine de la yohimbine, nous tenons que ces deux alcaloïdes ainsi que ceux que nous donnons ici comme très voisins sont tout à fait différents de cette dernière; nous croyons même que, au contraire de celle-ci, ils ne peuvent être considérés comme des dérivés du tryptophane.

([1]) *Florad of Japan*, 1931, p. 1130, ex Tanaka *in litt.*

([2]) G. D. Haviland, *Journ. of the Linn. Soc. Bot.*, 33, 1897, p. 1-94.

([3]) La comparaison d'échantillons authentiques de mitrinermine et de rhynchophylline nous incline même à admettre l'identité de ces deux alcaloïdes.

([4]) *Zur Konstitution des Yohimbins und einiger Abbauprodukte, Promotionsarbeit Dr. techn. Wiss.*, Zurich, 1934, p. 32.

PATHOLOGIE VÉGÉTALE. — *La lutte contre les trachéomycoses des plantes.* Note de M. **Georges Fron**, présentée par M. Alexandre Guillermond.

J'ai montré quelle était l'influence de certains dérivés de la quinoléine, et tout spécialement du sulfate neutre d'ortho-oxyquinoléine, sur le développement des *Azotobacter*, j'ai signalé en même temps que, sur certains végétaux, le blé en particulier, la végétation était plus accentuée sur une parcelle additionnée de ce produit que sur une parcelle témoin (1). D'autre part j'ai rappelé dans cette Note l'influence inhibitrice considérable de ce produit vis-à-vis de divers champignons.

Ces premiers travaux m'ont conduit à rechercher s'il était possible d'utiliser cette double action, action favorable sur le développement de certains végétaux d'une part, action inhibitrice sur les champignons d'autre part, pour lutter contre certains parasites cryptogames, se développant dans l'intérieur des plantes, en particulier dans les vaisseaux et causant les lésions désignées sous le nom de *trachéomycoses*. Mes recherches ont porté spécialement sur deux catégories de plantes, les œillets, qui sont envahis par un champignon du groupe des *Fusarium* (*F. Dianthi*, Pr. et Del.) en causant une maladie dont les travaux antérieurs ont montré l'importance et les Ormes qui sont en voie de disparition du fait des attaques du *Ceratostomella Ulmi*, Buism.

La maladie des œillets, qui a été longuement étudiée en 1899 par Prillieux et Delacroix, ainsi que, durant la même année, par Mangin, cause encore actuellement de graves dégâts dans les cultures méridionales et les cultures forcées des environs de Paris.

J'ai recherché l'influence, sur la végétation de la plante, d'un apport de dose très faible de sulfate neutre d'ortho-oxyquinoléine, effectué en solution de la manière suivante : une aiguille de Pravaz est introduite dans la tige et à la base de la plante, en relation, par un tube de caoutchouc, avec une burette graduée dans laquelle se trouve une solution du produit étudié. La quantité de liquide absorbé par la plante est indiquée par la différence de niveau dans la burette. L'absorption varie naturellement suivant les conditions d'éclairage, de température, mais s'est élevée jusqu'à 30 à 35$^{cm^3}$ de liquide en l'espace de 5 à 6 jours.

---

(1) G. Fron et Monchot, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 485.

Avec une solution de 0,5 pour 1000 une absorption de 30^{cm^3} de liquide correspond à une introduction de $0^g,015$ de produit dans la plante. Dans ces conditions il se produit une poussée végétative active qui se manifeste par une augmentation du diamètre des rameaux, de la dimension des feuilles et surtout par une teinte verte plus accentuée de celles-ci. D'autre part les plantes ainsi traitées ne sont plus sensibles aux attaques du *Fusarium Dianthi*.

Cette méthode est susceptible d'application culturale, l'absorption de liquide étant obtenue par une immersion des boutures pendant plusieurs heures dans une solution convenable du produit et actuellement de nombreux horticulteurs évitent la maladie de la Fusariose par ce procédé.

J'ai recherché s'il pouvait en être de même sur des arbres et particulièrement sur les Ormes. Des arbres, mis en traitement au début de la période de végétation (soit en avril) et chez lesquels l'absorption de liquide s'est produite, avec des intensités variables, jusqu'à la sève d'août, ont conservé leurs feuilles vertes et bien développées jusqu'au milieu d'octobre, alors que les témoins avaient à ce moment en partie perdu leurs feuilles, les dernières subsistantes étant réduites et contournées. Sur des Ormes atteints de la maladie causée par *Ceratostomella Ulmi*, la différence était alors caractéristique. Des jeunes baliveaux d'Orme (Var. *U. vegeta*) déjà atteints par la même maladie ont été, après arrachage et habillage convenable des racines, immergés quelques heures dans une solution de sulfate neutre d'ortho-oxyquinoléine suivant la méthode pratiquée sur les boutures d'œillets, puis replantés en pépinière et soumis à une injection de solution par la méthode précédente.

Au mois de juin ces baliveaux avaient formé des pousses végétatives nombreuses de 50^{cm} à 80^{cm} de longueur, tandis que les baliveaux témoins ne possédaient que quelques rares pousses de 10^{cm} à 15^{cm}. En outre, il ne nous a pas été possible de mettre en évidence la présence du mycélium du champignon sur les pousses des baliveaux traités, alors que nous en avons constaté la présence sur les témoins.

Il résulte de ces diverses considérations qu'un apport en proportion convenable de sulfate neutre d'ortho-oxyquinoléine dans l'intérieur des plantes, soit par injection lente, soit par absorption, détermine chez celles-ci une activité très sensible de la végétation et, chez celles atteintes de trachéomycose, un arrêt dans l'envahissement du champignon qui provoque la lésion.

CYTOLOGIE. — *Sur la genèse de cellules interstitielles aux dépens du tissu séminifère, dans le testicule embryonnaire et dans le séminome.* Note de MM. **Albert Peyron**, **Jean Verge**, **Louis Blanchard** et **Pierre Goret**, présentée par M. Maurice Caullery.

L'étude du testicule embryonnaire du Poulet a permis à divers auteurs d'établir que certains éléments interstitiels provenaient des cordons sexuels eux-mêmes.

Nous avons été conduits à des observations de même ordre, à la fois dans le testicule embryonnaire (cheval) et dans l'épithélioma séminifère des animaux.

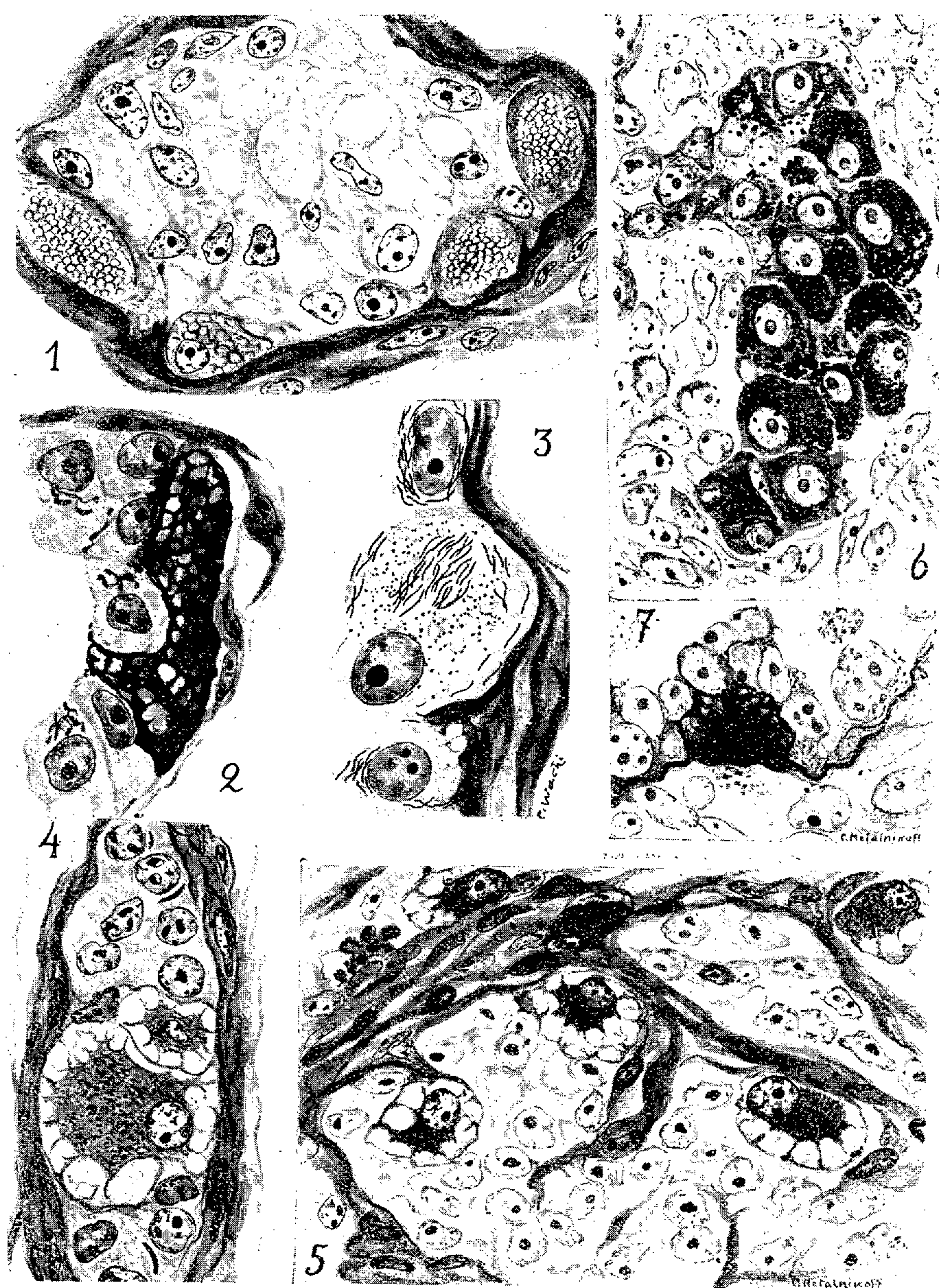
A. Chez le chien, c'est la variété habituelle du séminome (testicule descendu) qui nous a montré pour la première fois le processus. Il a été brièvement décrit dans le travail de Jacquart [1] dont la figure 52 représente un massif séminifère complètement transformé en éléments d'architecture spongieuse.

Plus récemment, des cas nouveaux, étudiés à l'aide de techniques cytologiques convergentes, nous ont permis de préciser les stades de cette évolution. On trouve, à la périphérie de certains massifs, sur le matériel fixé au Bouin (*fig.* 1), des éléments néoplasiques montrant une architecture spongieuse; celle-ci apparaît d'abord au pôle de la cellule en contact avec le stroma, le noyau étant au contraire sur le côté opposé. Ces modifications traduisent une inversion de polarité, vraisemblablement liée à l'excrétion des vacuoles dans le stroma conjonctivo-vasculaire. Sur le matériel traité par la méthode de Parat, le chondriome se présente sous forme de filaments rouges, qui, au cours de la transformation interstitielle, font place progressivement à des vacuoles avec enclaves colorées en rouge ou en brun. Les méthodes de Cajal et de Da Fano imprègnent en noir plus ou moins foncé la paroi des vacuoles dans les éléments interstitiels en voie de différenciation (*fig.* 2).

B. L'épithélioma séminifère du cheval montre des dispositions de même ordre, aussi bien dans les stades de début (testicule descendu) que dans les tumeurs ectopiques : dans les deux cas, on observe des cordons néoplasiques irrégulièrement ramifiés, rappelant, par leur configuration ou même par

---

[1] *Thèse de Médecine Vétérinaire*, 1935 (*Monographie XXI du Laboratoire Peyron*, Institut Pasteur).



De 1 à 3, séminome du chien; 4 et 5, séminome du cheval; 6 et 7, cordons sexuels, embryon de cheval de 5cm,5 (imprégnatiou par la méthode de Cajal pour l'appareil de Golgi).

leur structure, les cordons sexuels de l'embryon. Leurs éléments, pourvus d'un cristalloïde, se transforment par places en cellules interstitielles offrant l'architecture caractéristique : endoplasme dense et granuleux avec diplosomes, exoplasme périphérique avec vacuoles (*fig.* 4). D'autre part, au niveau des amas plus volumineux et irréguliers (*fig.* 5), on vérifie que les éléments interstitiels néoformés entrent toujours en rapport avec un bourgeon conjonctif. Ainsi s'explique qu'on les retrouve finalement incorporés au stroma.

Le testicule embryonnaire du cheval, au stade précoce des cordons sexuels, vient de nous montrer des dispositions identiques restées jusqu'ici méconnues chez les mammifères. Par exemple, en 7, la méthode de Cajal révèle, en noir, un élément de type interstitiel, en voie de différenciation sous la membrane propre, au milieu des petites cellules épithéliales de la souche mésothéliale. De même, en 6, on voit le bourgeon d'un cordon sexuel dont les éléments ont tous subi la transformation interstitielle.

Cette métaplasie évolutive s'observe donc de façon à peu près identique dans les ébauches indifférenciées des tubes séminifères et dans la prolifération dédifférenciée de leurs tumeurs chez l'adulte. On est ainsi conduit à envisager une alternance ou un balancement entre les deux évolutions, endocrine (interstitielle) et exocrine (spermatogenèse) du tissu séminifère.

Ces observations doivent être rapprochées de celles faites par Pellegrini [1], qui, dans la régénération du testicule chez les Mammifères, décrit la transformation interstitielle des éléments sertoliens.

ÉLECTROPHYSIOLOGIE. — *Double contraction et double chronaxie du muscle strié normal de l'homme et des mammifères. Analyse par les courants progressifs.* Note de MM. **Georges Bourguignon** et **René Humbert**, transmise par M. Arsène d'Arsonval.

A la suite de la découverte de la *contracture* par Tiegel (1876) et de l'onde secondaire par Ch. Richet (1882), de nombreux auteurs, notamment Grützner (1886), Bottazzi (1896), M. Lapicque et Mlle Jeanne Weill (1903), ont cherché à expliquer ces phénomènes, les uns en admettant, les autres en rejetant l'existence de deux éléments contractiles.

---

(1) *Archivio per le scienze mediche*, **49**, n° **7**, juillet 1927, p. 394.

En 1927, A. Radovici [1], par l'étude graphique du réflexe cutané électrique [2] chez l'homme, montre que la contraction réflexe est double et explique cette dualité par la théorie de Bottazzi. De 1928 à 1929, Fr. Bremer [3] étudie, chez la grenouille fraîche, une double contraction qu'il appelle *contracture neuro-musculaire* et qu'il produit par sommation d'excitations brèves sur le nerf et jamais par excitation isolée du nerf; Fr. Bremer l'explique par l'existence de deux éléments contractiles dont il mesure la chronaxie par excitation galvanique du muscle : la chronaxie la plus grande est d'environ 100 fois la plus petite couramment mesurée.

En mars 1930, l'un de nous observa sur le graphique de la contraction du Biceps d'un homme normal, par excitation isolée du nerf au point d'Erb, une double contraction avec deux sommets très nets. C'est là le point de départ de nos recherches sur l'homme normal et le lapin. Nous avons étudié 19 hommes et 6 femmes. Nos expériences ont porté sur le biceps, puis le deltoïde, le grand palmaire, l'éminence Thénar, les extenseurs des doigts et le diaphragme.

Nous avons fait les excitations par les points moteurs musculaires, par les nerfs et par excitation longitudinale, tantôt en monopolaire, tantôt en bipolaire.

Chez 3 lapins, nous avons fait les mêmes expériences sur le biceps brachial et le jumeau interne découverts. Le tendon était sectionné et attelé à un tambour transmetteur; quelquefois même, nous avons complètement isolé le muscle en expérience en supprimant tous les muscles voisins; le nerf était tantôt conservé intact et tantôt sectionné. Les résultats sont exactement les mêmes chez l'homme et chez le lapin.

I. *Étude de la forme de la contraction.* — Nous avons comparé les excitations galvaniques prolongées, les excitations brèves et les excitations par courants progressifs.

Le pôle négatif avec *les excitations galvaniques prolongées* et les deux pôles avec *les excitations brèves* (ondes induites isolées ou décharges de condensateurs de petite capacité correspondant à la chronaxie) donnent une contraction double, dont la première partie est rapide et la seconde lente. Avec les ondes rectangulaires longues, le pôle positif donne le plus souvent

---

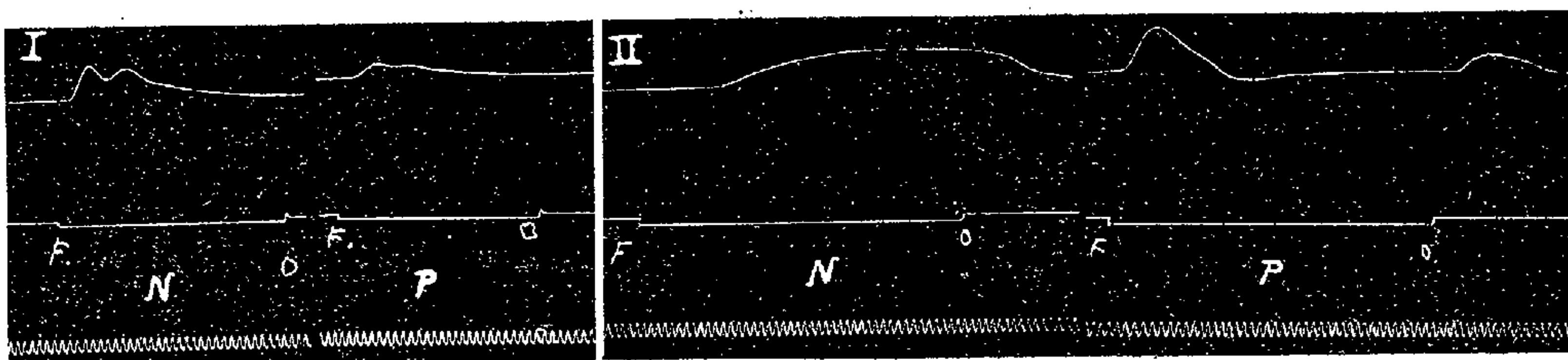
(1) *Études sur la circulation de l'influx nerveux dans l'arc réflexe* 1927, p. 73-79.

(2) G. Bourguignon et H. Laugier, *Contractions réflexes par excitations électriques dans certaines maladies cérébrales et médullaires* (24e *Congrès des Médecins aliénistes et neurologistes de France et des pays de langue française;* Strasbourg, 2 août 1920).

(3) *C. R. Société de Biologie* (Société Belge de Biologie), **98**, 1928, p. 601, 607 et 612; **100**, 1929, p. 205.

une secousse *rapide à la fermeture* et *lente à l'ouverture* (voir graphique I).

Avec les courants progressifs obtenus en mettant en dérivation des capacités d'au moins 30 mf., aussi bien avec les courants continus prolongés suivant le procédé de Lapicque, qu'avec les courants induits suivant le procédé de d'Arsonval, *la formule polaire est inversée ;* on obtient exclusivement une secousse de fermeture *lente* au pôle *négatif* et une secousse de fermeture *rapide* au pôle *positif*, qui donne aussi une *secousse d'ouverture lente* avec le courant galvanique progressif. Ainsi se trouvent dissociés les deux éléments, rapide et lent, de la double contraction (voir graphique II).



Contractions du biceps.
I. — Onde rectangulaire. Excitation au point moteur (l'excitation par le point d'Erb donne exactement le même résultat).
II. — Courant progressif. Excitation au point d'Erb (l'excitation au point moteur donne exactement le même résultat).

II. *Mesures de chronaxie.* — S'il existait deux éléments contractiles différents, nous devions trouver deux chronaxies.

La chronaxie de l'élément rapide est connue ; c'est celle qu'on trouve sur le nerf et au point moteur musculaire.

Pour l'élément lent, il fallait trouver un moyen d'excitation élective. Or en explorant minutieusement la surface des muscles avec la technique d'excitation bipolaire, nous avons trouvé des faisceaux nettement lents, dont la chronaxie à été d'environ 100 fois celle du point moteur.

Voici deux exemples de cette expérience sur l'homme et sur le lapin :

		Chronaxies.		Rapport
Sujet d'expérience.	Muscle.	Point moteur.	Excitation bipolaire.	de la grande à la petite chronaxie.
Homme M. Ch. M	Biceps droit	$0^{\sigma},08$	$9^{\sigma},36$	117
Lapin	Jumeau interne	$0^{\sigma},08$	6^{σ}	75

Conclusions. — De ces expériences, il semble que l'on puisse tirer les conclusions suivantes :

1° Le muscle strié normal de l'homme et des mammifères est composé de deux éléments contractiles, l'un rapide et l'autre lent ayant une chronaxie 100 fois plus grande, comme Bremer l'avait vu sur la grenouille.

2° Il est possible d'exciter par le nerf *sans sommation* l'élément lent qui fonctionne donc par hétérochronisme.

3° Les courants progressifs permettent d'isoler les deux contractions, le pôle négatif excitant l'élément lent et le pôle positif, l'élément rapide. Il est remarquable que, dans ces conditions, la formule polaire est inversée.

GÉNÉTIQUE. — *Sur l'apparition de différences de pigmentation entre diverses souches de* Drosophila melanogaster, *type sauvage, à la suite d'une intoxication larvaire.* Note de M. **Philippe L'Héritier**, présentée par M. Charles Pérez.

Les caractères génétiques dépendent souvent, dans leur manifestation, des circonstances extérieures, et quelques cas sont connus où des mutations ne se distinguent du type que lorsque l'individu qui les porte est placé dans des conditions de milieu bien déterminées.

Ayant été amené, au cours de certaines recherches, à faire évoluer des larves de Drosophile sur une nourriture renfermant de l'arsénite de soude, j'ai pu constater un fait de cette nature. Cinq souches génétiques, A, B, C, D et E, d'origines distinctes, mais toutes de type sauvage et morphologiquement identiques, ont été utilisées dans mes expériences. La souche A, cultivée sur de la nourriture arsénicale, fournit des imagos ne se distinguant en rien de celles élevées dans les conditions usuelles. Au contraire, les imagos des souches B, C et D présentent, à la suite du même traitement, un dessin noir en forme de trident sur la face supérieure du thorax. La souche E donne également une réaction, mais le trident, au lieu d'être d'un noir intense, n'est que faiblement indiqué. Malgré une certaine fluctuation dans l'intensité de la pigmentation, il est impossible de confondre cette dernière souche, soit avec A, soit avec le groupe B, C, D. Ces réactions sont, dans de larges limites, indépendantes de la concentration du toxique. Une concentration très forte de 0,014 pour 100 en As^2O^3 tue presque toutes les larves; quelques rares survivantes parviennent cependant à achever leur évolution et fournissent, lorsqu'elles appartiennent à la souche A, des imagos ne présentant aucune pigmentation particulière.

Inversement la réaction des souches B, C et D est encore très nette avec une concentration très faible de 0,002 pour 100.

Il s'agit ici d'une pure somation sans caractère héréditaire. En effet, mises en culture sur de la nourriture non empoisonnée, les mouches à trident noir donnent une descendance parfaitement normale, ne gardant aucune trace de l'anomalie parentale.

L'apparition chez la Drosophile d'un trident noir, après évolution des larves sur des milieux empoisonnés, avait déjà été observée par Mann (1). Mais cet auteur ne signale pas l'existence de différences dans l'intensité de la réaction entre souches génétiques distinctes. Par ailleurs, cette somation ne correspond pas à l'apparition d'un caractère morphologique entièrement nouveau chez la Drosophile. Il est bien connu, en effet, que, dans toute population de cette espèce, on peut trouver quelques individus présentant sur le thorax le même dessin, mais avec une intensité de pigmentation généralement très faible. Au cours d'une tentative de sélection pour accroître cette intensité, Bridges et Morgan (2) ont découvert une mutation qu'ils ont appelée *With*, chez laquelle la pigmentation du trident est très intense, même dans les conditions normales d'élevage.

Le caractère *With* peut donc apparaître chez un individu, soit par mutation, soit par somation. Il y a là un autre exemple de ce singulier parallélisme entre mutations et somations, que l'on a fréquemment observé chez la Drosophile, aussi bien que chez d'autres organismes.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur les effets d'un traitement permanent de folliculine sur l'organisme mâle.* Note (3) de Mme **Véra Dantchakoff**, présentée par M. Maurice Caullery.

Un complexus de corrélations tissulaires hétérologues est conditionné, dans les ébauches sexuelles de l'embryon mâle, y inclus ses gonades, par une injection précoce de folliculine. Or les structures femelles réalisées ne sont pas toutes durables. Certaines d'entre elles persistent, tels les oviductes et la forme curieuse des gonades témoignant de la féminisation précédemment effectuée. Mais, ni plusieurs injections durant la vie embryon-

(1) *J. of Exp. Zool.*, 38, 1923, p. 213 à 244.
(2) *Carn. Inst. Wash. Publ.*, 1923.
(3) Séance du 7 décembre 1936.

naire, ni même plusieurs injections après l'éclosion ne se montrent guère capables de maintenir dans les gonades une orientation non conforme au déterminisme sexuel génétique de l'organisme. La gonade gauche, en particulier, même après avoir réalisé une structure ovarique, se réorganise et acquiert une structure testiculaire, à spermatogenèse intense. Dans la suite, tout le syndrome normalement dû à l'action de l'hormone mâle est rétabli chez l'oiseau et l'organisme, à déterminisme mâle, devient mâle, ce que suffit à montrer un coup d'œil sur la figure du très beau coq, qui, outre sa silhouette mâle, a réalisé les colorations vives du mâle, son allure et ses instincts. Or cet oiseau possède, avec des oviductes, deux testicules, dont le gauche, à sillons profonds, est découpé en plusieurs lobes et le droit présente une surface bosselée. Il est grand et gras, chante comme un coq, mais souvent ne finit pas la roulade normale du chant. Son comportement envers une poule normale est mâle.

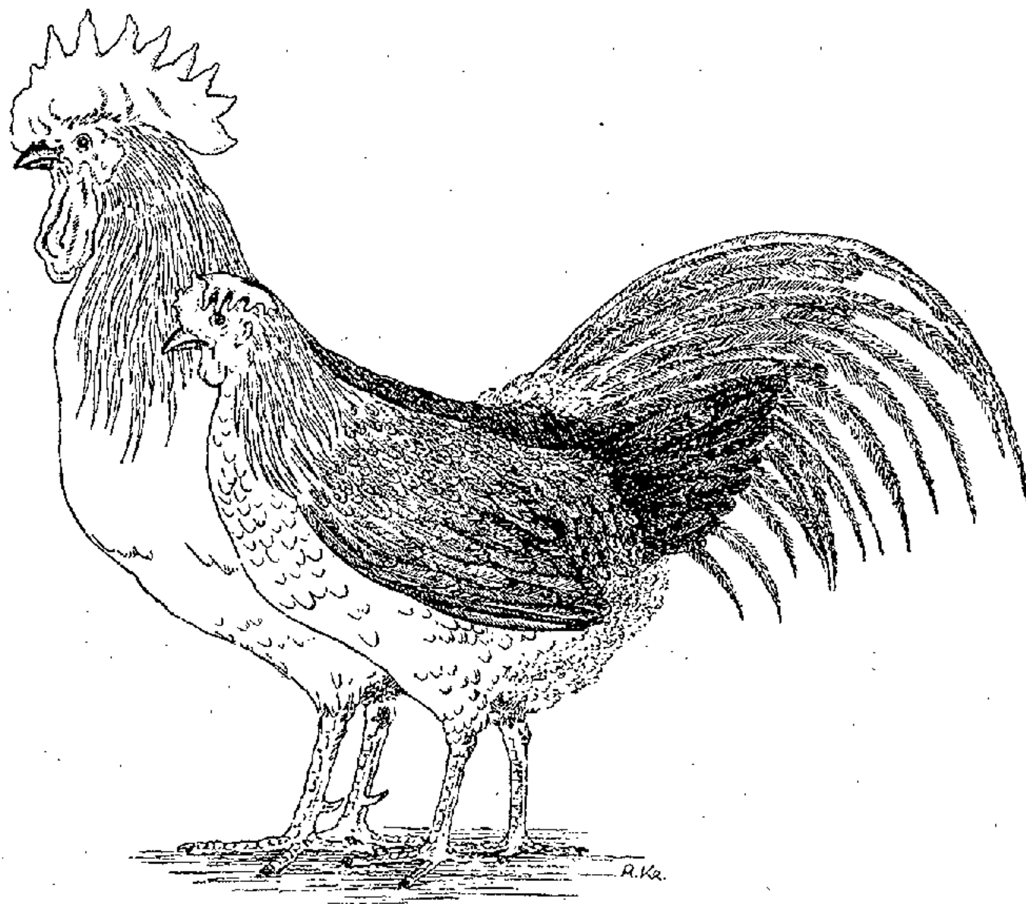
La poule qui l'accompagne sur la figure, est génétiquement son *frère*, et est tout à fait remarquable par le contraste frappant qu'elle présente avec l'aspect mâle qu'elle aurait dû réaliser, en accord avec son déterminisme mâle. Cet oiseau, injecté trois fois pendant sa vie embryonnaire, a été soumis, après l'éclosion, à un traitement permanent de folliculine. Sa crête, ses barbillons, sa queue, son plumage, ses pigments, leur dessin et leur distribution, l'absence d'ergots correspondent aux caractères femelles. La taille est inférieure à celle de son frère, dont le traitement fut interrompu trois semaines après l'éclosion. Quelques très rares plumes sur sa poitrine, de couleur beige-saumon, portent des taches noires (le plumage de la poitrine chez le mâle est noir); sur le dos, quelques plumes présentent un rebord rougeâtre et quelques-unes sur la queue un léger reflet métallique.

Le comportement de l'oiseau est femelle. Sa voix a un ton aigu; dernièrement l'oiseau s'est mis à caqueter, comme une poule qui va pondre. Envers un coq normal, que je lui ai donné pour compagnon, l'oiseau se montre empressé et accourt pour accepter une parcelle de nourriture. Le comportement de l'oiseau envers une poule normale, jointe au couple, est très caractéristique : l'oiseau se montre jaloux envers la rivale et l'attaque en ennemie, ce que jamais un oiseau mâle n'aurait fait envers une femelle.

Pour chaque mâle, soit normal, soit remasculinisé, l'oiseau féminisé est un objet de sollicitude et de convoitise sexuelle. Malgré son déterminisme génétique mâle, l'oiseau a réalisé ce faciès féminin, qui provoque chez les mâles la manifestation des instincts sexuels. L'accouplement est rare.

L'avenir seul va décider si l'action de la folliculine ira au delà de l'en-

semble des processus décrits. D'ores et déjà, la folliculine s'est montrée capable de réaliser, chez un embryon génétiquement mâle, une histogenèse femelle, d'enrayer l'histogenèse mâle, d'assurer aux structures histologiques produites un fonctionnement normal, permanent pour les tissus



Deux mâles génétiques traités par la folliculine, à l'âge de 7 mois. Le traitement du coq par la folliculine a été suspendu 3 semaines après l'éclosion. La poule (mâle génétique) a reçu, jusqu'à 7 mois, 2mg,5 de folliculine tous les 5 jours.

somatiques et temporaire pour les tissus germinaux ou les corrélations que ces derniers réalisent avec les tissus somatiques. La présence permanente de la folliculine dans l'organisme, parviendra-t-elle à résister effectivement à la pression du déterminisme génétique? Celui-ci, rappelons-le, ne se montre pas dès l'abord complètement anéanti dans ses effets : l'ovaire induit chez le mâle est en général plus petit, la lacunisation de sa partie médullaire est moins forte, la rudimentation de la gonade droite n'est jamais aussi complète que chez une femelle normale. De plus, une crise méiotique s'établit au moment où les ovules en préméiose auraient dû entrer dans la phase de croissance. Dès ce moment, le déterminisme génétique mâle s'affirme par une prolifération de cordons sexuels dans la partie médullaire des gonades.

En somme, un traitement permanent de folliculine est capable de main-

tenir, dans une femelle par transformation, des proliférations dans les couches corticales de l'ovaire gauche et des ovules de plus en plus nombreux parviennent à passer par la crise méiotique et à entrer dans la phase de croissance. Occasionnellement même, la gonade droite présente des proliférations corticales. Ces poules, génétiquement mâles, finiront-elles par pondre des œufs? Les mâles remasculinisés, après avoir subi temporairement une féminisation, garderont-ils la faculté de les féconder?

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur le mécanisme de l'action des substances sulfurées dans la glycose par* Propionibacterium pentosaceum. Note de Mme **Paulette Chaix**, présentée par M. Georges Urbain.

Des travaux [1] exécutés avec *Propionibacterium pentosaceum* (P. 11), à l'état non proliférant, ont montré d'une part que ces bactéries ne sont capables d'attaquer le glucose que si elles se trouvent en quantité suffisante, supérieure à la quantité active limite ($1^{mg},5$ par 5^{cm^3}); et d'autre part que toute une série de substances sulfurées peuvent rendre à ces bactéries, lorsqu'elles sont ainsi en quantité inférieure à la quantité active limite, leur activité normale (vitesse de glycolyse présentée par des bactéries en quantité supérieure à 10^{mg} par 5^{cm^3}, correspondant à $Q_{CO^2}^{CO^2} = 20$ à 25).

Une étude plus approfondie de ces faits conduit à l'interprétation suivante : les cellules des bactéries en question renferment un système X, très peu soluble ou très peu diffusible et dont l'action se manifeste, à l'extérieur des cellules, vis-à-vis du glucose dont il conditionne l'attaque. Lorsque les cellules sont en quantité suffisante dans le milieu, celui-ci se trouve assez riche en système X pour que la glycolyse ait lieu; mais si les cellules se raréfient, la teneur du milieu baisse considérablement en système X et la fermentation n'est plus possible. La *quantité active limite* de cellules de *Propionibacterium pentosaceum* correspond ainsi à la quantité de cellules au-dessous de laquelle les bactéries n'apportent plus au milieu d'une quantité trop faible de système X pour que la disparition du glucose puisse se faire.

Les substances sulfurées actives (cystine, thiourée, H^2S, etc.) n'ac-

[1] *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 626 et 857; 202, 1936, p. 983; *Bull. Soc. Chimie Biol.*, 18, 1936, p. 1437.

croissent en rien l'activité normale des cellules, elles remplacent seulement le système X déficient du fait de la faible concentration en cellules. On a vu qu'en leur présence l'activité de petites masses de bactéries est en effet égale à celle présentée par des bactéries en grosses masses.

Cette interprétation, qui s'appuie sur un grand nombre de faits [1], permet quelques expériences intéressantes :

Si des lavages simples à l'eau salée, même répétés, sont incapables d'inactiver réversiblement de grosses masses des bactéries en question, on doit au contraire s'attendre à ce que des lavages faits en présence de glucose permettent d'arriver à ce but. Il s'agit en somme ici d'essayer d'inactiver des masses de bactéries très supérieures à la quantité active limite par une série de fermentations successives, les bactéries étant chaque fois récupérées, et les liquides de fermentations mis à part au moyen de centrifugations soigneuses.

Une telle expérience, faite dans les conditions suivantes :

5 lavages des bactéries par l'eau salée à 0,9 pour 100, selon la technique habituelle, puis division de la récolte bactérienne en deux fractions dont l'une (bactéries normales) est mise à part alors que l'autre (50^{mg}, bactéries lavées) agit 5 fois de suite pendant 20 minutes sur une solution salée, bicarbonatée et glucosée, en présence de CO^2, à pH 6,4, et à la température de 28°; les activités étant exprimées par $Q_{CO^2}^{CO^2}$,

a permis ainsi d'abaisser l'activité de 10^{mg} (dans 5^{cm^3}) de bactéries, de 21 (bactéries normales) à 13 (bactéries lavées); cet abaissement est essentiellement réversible puisque les mêmes bactéries lavées montrent, en présence de cystine, une vitesse de glycolyse égale à 22.

D'autre part le liquide recueilli après la cinquième fermentation de lavage et ajouté à $1^{mg},4$ des bactéries normales, a rendu à celles-ci une vitesse de glycolyse égale à 20.

Il apparaît ainsi que, même après cinq lavages, les bactéries en grosses masses (50^{mg}) abandonnent encore suffisamment de système X pour permettre aux petites masses d'atteindre la vitesse de glycolyse maxima.

Il n'est d'ailleurs guère possible, au moins dans ces conditions, de pousser les lavages plus loin; une expérience dans laquelle les fermentations de lavages, au nombre de 9, dont 1 de 12 heures, 2 de 2 heures, et 6 de 1 demi-heure, se sont succédées pendant 48 heures, a abouti à une inactivation totale des bactéries; mais dans ce cas, la cystine s'est montrée incapable de resti-

---

[1] *Enzymologia*, **1** (sous presse).

tuer aux organismes leur aptitude à la glycolyse (6^{mg} de bactéries lavées : sans cystine $Q_{CO^2}^{CO^2} = 3,4$; avec cystine $Q_{CO^2}^{CO^2} = 2,4$). D'autre part les différents liquides de lavages, recueillis après les première, quatrième, sixième, et même neuvième fermentations successives, se sont révélés comme renfermant encore suffisamment de système X pour rendre à une petite masse de $1^{mg},3$ une activité du même ordre de grandeur que celle présentée par une grosse masse témoin ($Q_{CO^2}^{CO^2} =$ de 12 à 14) maintenue en réserve dans l'eau salée glucosée pendant les 48 heures de préparation de l'expérience. Ce fait confirme le peu d'aptitude du système X à passer à l'extérieur des cellules et montre que, tout au moins dans les conditions expérimentales réalisées ici, il n'est pas possible d'obtenir de grosses masses des bactéries en question à la fois dépourvues de toute activité glycolytique et capables de retrouver cette activité par simple addition de cystine.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *La sécrétion gastrique du brome au cours de la thérapeutique bromée.* Note de Mlle **Camille Chatagnon**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Dans une précédente Note nous avons établi la présence constante d'une petite quantité de brome dans le suc gastrique de l'homme.

Étudiant de la même façon les modifications quantitatives en brome et chlore apportées à la sécrétion gastrique par l'ingestion de bromure de sodium, nous consignons dans le tableau ci-après les résultats obtenus chez une femme de 45 ans, soumise au régime normal chloruré et ayant absorbé du 8 au 21 août 33^{g} de NaBr.

L'ingestion de bromure de sodium a donc pour conséquence une rétention de brome dans l'organisme; une sécrétion de brome gastrique non comparable à la sécrétion physiologique et dont l'augmentation progressive atteint 281^{mg} le 22 août alors que la sécrétion gastrique de chlore a été de 155^{mg} pour 1000. De par ces faits, les rapports 1000 Br/Cl sont bouleversés; ils ne reviennent à la normale que le 1er octobre. On est tenté d'interpréter ces résultats en imaginant que le brome prend en partie la place du chlore.

Des prises de sang pratiquées en même temps que les tubages nous ont permis de préciser que la bromémie croît dans des proportions que traduit l'ascension du rapport 1000 Br/Cl de 0,6 (chiffre normal) à 315, pour

décroître ensuite à 1,8 le 24 septembre et à 0,3 (chiffre normal) le 1er octobre.

Dates des expériences.	Quantité en cm³.	Suc gastrique dilué. Brome en mg p. 1000.	Chlore en mg p. 1000.	1000 Br/Cl.	Sang total. Brome en mg p. 1000.	Chlore en mg p. 1000.	1000 Br/Cl.
22 mai.......	300	0,23	228	1,02	1,8	2988	0,6
5 août......	358	0,70	290	2,6	—	—	—
12 »	212	25,6	226	112	360	3564	101
15 »	220	104,5	385	269	640	3415	187
17 »	192	83,3	192	433	700	2757	253
19 »	218	55	326	168	300	2742	109
22 »	192	281	155	1815	1000	3168	315
25 »	200	85	241	352	600	2936	204
28 »	185	92	177	519	350	2753	127
3 septembre.	200	100	221	452	200	3049	96
9 » .	216	18,05	359	50	50	2445	23
17 » .	204	5	398	16	15	4239	3,53
24 » .	187	1,07	267	4	6	3237	1,8
1er octobre...	265	1,04	455	2,28	1	3116	0,3
8 » ...	204	0,5	227	2,6	1,5	3059	0,4
15 » ...	225	1,8	261	6	4,5	3162	1,4
22 » ...	180	0,27	341	0,82	1,16	2934	0,38
28 » ...	205	1,25	262	0,4	0 (1)	3152	—

Le chlore sanguin n'a subi durant cette période que des fluctuations normales; chiffres extrêmes : 2445mg pour 1000 et 4239mg pour 1000; la moyenne étant de 3091.

Nous opposerons donc les phénomènes qui se passent dans le sang où le chlore demeure en quantité à peu près constante quoique parfois légèrement inférieure à la normale alors que le brome croît, à ceux que présente le liquide gastrique où le chlore est remplacé en partie, au cours de l'administration de NaBr, par le brome et doit jouer son rôle probablement sous forme d'HBr.

Ces notions sont à retenir au point de vue de la thérapeutique des composés bromés et dans le traitement des lésions gastriques.

(1) Pour la prise d'essai.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la sensibilité des* Azotobacter *du sol à la structure moléculaire des acides monoxybenzoïques.* Note (¹) de MM. **Gustave Guittonneau** et **René Chevalier**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Ayant antérieurement démontré que, parmi les *Azotobacter* des terres cultivées, certaines souches peuvent fixer l'azote atmosphérique en utilisant comme aliment énergétique le salicylate de sodium (²); connaissant d'autre part la grande valeur alimentaire des benzoates pour un très grand nombre de représentants de ce groupe microbien, nous avons repris une étude comparative sur le comportement des fixateurs d'azote aérobies du sol vis-à-vis de l'acide benzoïque d'une part, et des trois acides oxybenzoïques : ortho, méta et para, d'autre part. Cette étude devait nous faire apparaître une remarquable sensibilité des *Azotobacter* à la structure moléculaire des trois acides-phénols de la série considérée.

Des doses variables de chacun des quatre acides sus-indiqués ont servi à imprégner, *à l'état de sels de sodium*, des plaques de silicogel pour fixateurs d'azote de Winogradsky (³). A la surface de ces plaques on a mis en observation, dans les conditions habituelles, des grains des terres de jardin J^1 et J^3 et de la terre de champ C^1 déjà mentionnées dans notre précédente Note. Les plaques de 20^{cm} de diamètre à $0^g,500$, $0^g,200$ et $0^g,100$ d'acides benzoïques ou oxybenzoïques ont donné les résultats les plus significatifs. Sur celles de ces plaques qui avaient reçu du méta-oxybenzoate, aucune végétation notable d'*Azotobacter* n'est jamais apparue dans le délai normal de quelques jours et même après un temps beaucoup plus long (20 jours). Sur les autres, des colonies d'*Azotobacter* commençaient à devenir nettement visibles autour de certains grains de terre (grains fertiles) à partir du 2ᵉ ou 3ᵉ jour d'incubation à 30°. Un nombre *maximum* de grains fertiles était noté après un temps plus ou moins long, dans un délai ne dépassant jamais une quinzaine de jours. Dans le tableau suivant on a inscrit à titre d'exemple les nombres maxima de grains fertiles pour 100 grains ensemencés, dénombrés dans les conditions que nous venons de préciser, au cours d'un de nos essais les plus typiques.

(¹) Séance du 30 novembre 1936.

(²) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 211.

(³) *Ann. Inst. Pasteur*, 40, 1926, p. 455.

Terres ensemencées.	Plaques à $0^g,200$.			
	Benzoate.	Oxybenzoates.		
		Ortho.	Méta.	Para.
J^1	95	89	0	93
J^3	9	2	0	27
C^1	98	48	0	98

On voit que, parmi toutes les souches d'*Azotobacter* présentes dans les terres étudiées, un grand nombre pouvait utiliser comme aliment le para-oxybenzoate, aussi bien et quelquefois plus facilement (terre J^3) que le benzoate; un nombre nettement moindre s'attaquait à l'ortho-oxybenzoate et, enfin, aucune n'avait d'action notable sur le méta-oxybenzoate.

D'autre part nous avons reconnu : 1° que les grains d'une des terres précédentes (C^1 par exemple) ensemencés sur plaques de silicogel à $0^g,200$ d'acide méta-oxybenzoïque + $0^g,200$ d'acide benzoïque s'entouraient de colonies d'azotobacter à peu près aussi régulièment que les grains de la même terre ensemencés sur plaques au benzoate seul; 2° que les grains de la terre J^1, tout d'abord maintenus pendant 13 jours à l'état d'inertie apparente sur plaque au méta-oxybenzoate, puis transportés aseptiquement sur de nouvelles plaques à $0^g,200$ d'acide benzoïque se montraient fertiles sur ce nouveau milieu en proportion normale. Le méta-oxybenzoate n'avait donc aucune action toxique appréciable sur les azotobacter.

La technique du transport des grains de terre d'une plaque à une autre, telle que nous venons de la définir, nous a encore permis de réaliser d'intéressantes différenciations physiologiques entre les souches d'*Azotobacter* en présence desquelles nous nous trouvions. Par exemple, en reprenant sur les plaques à l'ortho-oxybenzoate des grains restés stériles après une incubation de 15 jours et en les transportant sur des plaques au benzoate, où beaucoup d'entre eux se montraient fertiles, on obtenait facilement des souches actives vis-à-vis du benzoate et inactives vis-à-vis de l'ortho-oxybenzoate. Généralisant les essais de ce genre, nous avons finalement pu grouper les *Azotobacter* des terres J^1, J^3 et C^1 en quatre types qui se différencient physiologiquement comme l'indique le tableau ci-après. Dans ce tableau nous avons, à titre de référence, introduit une colonne supplémentaire relative à la mannite.

Conclusion. — Pour l'ensemble des *Azotobacter* étudiés dans ce travail, et aux doses employées dans nos essais, les monoxybenzoates de sodium.

sans jamais être toxiques, ont une valeur alimentaire qui ne dépend que de la place occupée dans leur molécule par l'oxhydrile phénolique.

	Mannite.	Benzoate.	Oxybenzoates. Para.	Ortho.	Méta.
Premier type..........	actif	actif	actif	actif	inactif
Deuxième type.........	actif	actif	actif	inactif	inactif
Troisième type........	actif	inactif	actif	inactif	inactif
Quatrième type........	actif	inactif	inactif	inactif	inactif

IMMUNOLOGIE. — *Variations bactériennes et antigène somatique* O *complet.* Note de M. **André Boivin** et Mme **Lydia Meskobeanu**, présentée par M. Félix Mesnil.

Chez les *Salmonella*, les sérologistes admettaient depuis longtemps l'existence de deux antigènes bien distincts, susceptibles de coexister ou non dans une même bactérie : l'antigène somatique O et l'antigène flagellaire H. Les recherches immunochimiques que nous poursuivons depuis 1932 nous ont conduits à isoler l'antigène somatique O *complet* des *Salmonella* et à le caractériser comme un complexe fragile résultant essentiellement de la combinaison entre un polysaccharide spécifique et des acides gras. Nous avons pu démontrer que ce complexe est le constituant principal de l'endotoxine des bactéries.

Dans le présent travail, nous nous sommes proposé de vérifier que, conformément à ce que postulent les sérologistes, l'antigène H peut varier dans sa spécificité ou qu'il peut même disparaître au cours des variations bactériennes, sans que cela retentisse sur la constitution chimique et sur les propriétés biologiques de l'antigène O. Pour cela, nous nous sommes adressés à une *Salmonella* diphasique, la bacille d'Aertrycke, dont nous avons séparé les variantes suivantes : *rough immobile*, *rough mobile* (sans distinguer entre la phase spécifique et la phase non spécifique), *smooth immobile*, *smooth mobile* à antigène flagellaire en phase spécifique et *smooth mobile* à antigène flagellaire en phase non spécifique. Nous avons distingué les formes R des formes S par l'aspect des colonies sur plaques de gélose et par la stabilité des suspensions bactériennes vis-à-vis du chlorure de sodium et de la trypaflavine. Nous avons différencié les formes mobiles des formes immobiles par l'aspect des colonies en gélose profonde semi-liquide et par le comportement des bactéries dans les phénomènes d'agglutination. Nous

avons enfin séparé la phase spécifique de la phase non spécifique du smooth mobile en mettant en œuvre un sérum agglutinant le para B *smooth mobile*, mais préalablement absorbé par l'*Aertrycke smooth immobile*, pour le priver de son antigène O([1]). Dans chacune de ces variantes, nous avons dosé l'antigène O complet et nous en avons étudié la constitution chimique et les propriétés biologiques ([2]).

Les deux variantes *rough* ne contiennent aucune trace d'antigène O. Toutes les variantes *smooth*, au contraire, renferment de l'antigène O, cette substance constituant, dans chaque cas, autour de 8 à 9 pour 100 du poids sec des bactéries. Les antigènes O des diverses variantes présentent la même composition chimique (identité dans la teneur en sucres, 40 pour 100, et en acides gras, 20 pour 100, libérables à l'hydrolyse acide) et la même toxicité pour la souris (l'animal meurt toujours après une injection intrapéritonéale de $0^{mg},5$ d'antigène, il meurt le plus souvent après injection de $0^{mg},1$ et ne meurt qu'exceptionnellement après injection de doses plus faibles). Les antigènes O des trois variantes smooth présentent le même comportement sérologique et le même pouvoir antigénique lorsqu'on les injecte chez le lapin. Ils précipitent également bien avec les sérums antibactériens et avec les sérums *antigènes* O homologues et hétérologues, correspondant aux trois variantes. Des expériences d'absorption des anticorps, dont nous ne pouvons donner le détail dans le cadre de la présente Note, nous ont montré que les trois antigènes O présentent rigoureusement la même spécificité. Nous pouvons donc conclure à l'identité absolue des antigènes O des trois variantes smooth et corrélativement à l'indépendance totale de l'antigène O vis-à-vis de l'antigène H, au cours des variations bactériennes.

Il ne faudrait pourtant pas imaginer que l'antigène O soit incapable de varier dans sa constitution chimique et dans ses propriétés. En effet, en collaboration avec Ciuca et Badenski ([3]), l'un d'entre nous a pu isoler une

---

([1]) Nous n'avons pas perdu de vue que la forme spécifique pure et que la forme non spécifique pure donnent très rapidement naissance à un mélange des deux formes; au cours des repiquages successifs sur gélose. Aussi n'avons-nous retenu, dans nos expériences, que les antigènes O préparés à partir des cultures qui, repiquées sur gélose, ne fournirent que des colonies appartenant toutes à la forme désirée.

([2]) Voir à ce sujet nos publications antérieures et spécialement *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 2124 et p. 2211; *Revue d'Immunologie*, **1**, 1935, p. 553 à 569 et **2**, 1936, p. 113 à 144.

([3]) M. Ciuca, L. Mesrobeanu et G. Badenski, *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 1314.

variante du bacille d'Aertrycke qui renferme un antigène O particulier : identique à l'antigène O de l'Aertrycke typique, quant à sa spécificité, il en diffère par sa plus grande richesse en acides gras, par sa moindre teneur en polysaccharide responsable de la spécificité et par son instabilité en solutions aqueuses. Mais lorsqu'une telle variation se produit dans l'antigène O, elle ne paraît dépendre, en aucune façon, d'un changement simultané quelconque dans l'antigène H.

CHIMIOTHÉRAPIE. — *Configuration stéréochimique du support organique et activité antitumorale des complexes métallo-ascorbiques*. Note de MM. **Fernand Arloing**, **Albert Morel**, **André Josserand** et **Louis Perrot**.

Les sels complexes solubles, dont nous avons signalé [1] l'action antitumorale vis-à-vis des cancers expérimentaux et humains, étaient préparés à partir de l'*acide l-ascorbique*, à l'étude duquel nous avons été conduits par le développement logique de nos travaux sur l'activité des constituants des surrénales. Nous avons voulu interpréter le mécanisme chimique de cette action et essayer de le rattacher à certains groupements d'atomes constitutifs de ces molécules compliquées.

On sait [2] que le pouvoir antiscorbutique n'apparaît que chez les corps qui présentent en plus d'un groupement ènediol susceptible de constituer un système Rédox reversible, conjugué avec un groupement lactonique, une configuration stéréochimique spéciale. Celle-ci doit comporter un certain carbone asymétrique, le quatrième, lequel doit se trouver dans la configuration droite, tandis que la structure dans l'espace d'un autre carbone également asymétrique, le cinquième, a encore une certaine importance, mais beaucoup moindre. L'action antinéoplasique des complexes métallo-ascorbiques dépend-elle des mêmes conditions stéréochimiques ou n'est-elle à rattacher qu'à l'existence du système Rédox, renforcé par la présence intime de métaux susceptibles de passer d'un état d'oxydation à

(1) Arloing, Morel et Josserand, *Comptes rendus*, **201**, 1935, p. 456 et 745; **202**, 1936, p. 598.

(2) Voir conférence de P. Karrer, *Bull. Soc. chim.*, 5e série, **2**, 1935, p. 934, et *Actual. chim. et industr.*, **34**, 1935, p. 1030; voir aussi Reichstein, *Helvet.*, **17**, 1934, p. 512, et Dalmer et Moll, *Zschr. physiol. Chem.*, **222**, 1933, p. 117.

un autre? Nous avons demandé la réponse à la comparaison de l'activité antitumorale (dont l'essentiel est le pouvoir désinfiltrant des néoplasmes) exercée par les complexes dérivés de l'acide déhydrascorbique, premier produit d'oxydation de la vitamine C, avec l'activité des sels complexes solubles que nous avons préparés à partir du premier produit d'oxydation de l'isovitamine C ou *acide d-arabo-ascorbique*. La configuration de celui-ci, d'après Haworth et Hirst ([1]) et aussi d'après Reichstein (*loc. cit.*), ne diffère de celle de l'acide *l*-ascorbique que par la position droite au lieu de gauche de l'hydroxyle fixé sur le cinquième carbone. Cette isovitamine, préparée synthétiquement à partir de l'acide 2-cétogluconique ([2]), présente, d'après Reichstein comme d'après Dalmer et Moll (*loc. cit.*), un pouvoir antiscorbutique vingt fois moindre que celui de la vitamine C.

Nous avons constaté que les complexes ferriques qui en dérivent possèdent vis-à-vis des tumeurs une action sensiblement la même que celle des dérivés de l'acide *l*-ascorbique. Les différences quantitatives de leurs effets antinéoplasiques (moindre rapidité du début, mais action plus soutenue et risque moindre de récidive brusque après cessation du traitement) sont loin d'être de l'ordre de grandeur de celles observées en ce qui concerne le pouvoir antiscorbutique.

L'influence de la structure du cinquième atome de carbone est donc faible. Reste à élucider celle du quatrième carbone.

Nous avons alors préparé des sels complexes solubles à partir d'un autre 2-3-ènediol, l'*acide oxy-tétronique* chez qui cet atome, n'étant pas asymétrique, ne peut exercer d'influence.

Nous poursuivons l'étude de l'action de ces derniers complexes vis-à-vis des néoplasmes, et nous communiquerons prochainement ces résultats.

Mais nos premières constatations, décelant chez ces corps une activité désinfiltrante manifeste, nous autorisent à faire connaître dès aujourd'hui que cette activité ne semble pas dépendre de la structure du quatrième atome de carbone et qu'elle se différencie nettement par là du pouvoir antiscorbutique dont l'acide oxy-tétronique est totalement dépourvu.

Le rôle joué par les métaux associés au système Rédox dans l'activité antitumorale des complexes que nous étudions devient donc prépondérant dans le processus de désinfiltration.

([1]) *Journ. roy. Soc. London*, 1934, p. 62.

([2]) *Ber. d. chem. Ges.*, **66**, 1933, p. 1054; **67**, 1934, p. 555 et 1239.

Il reste cependant que l'action eutrophique semble appartenir tout spécialement aux dérivés de l'acide *l*-ascorbique. C'est en particulier le cas du complexe ferrico-magnésien déhydrascorbique dont nous avons noté l'heureux effet sur l'état général des cancéreux et l'influence favorable sur les scléroses en plaque (¹).

La séance est levée à 16h20m.

E. P.

(¹) J. Lépine, F. Arloing, A. Morel et Josserand, *Bull. Acad. Médecine*, 116, 1936, p. 274.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DE NOVEMBRE 1936.

Le contrôle analytique dans l'industrie chimique minérale, par A. SANFOURCHE. Paris, Masson et Cie, 1936; 1 vol. 20cm,5. (Présenté par M. M. de Broglie.)

La géologie et les mines des vieilles plateformes, par F. BLONDEL, in *Publications du Bureau d'études géologiques et minières coloniales.* Paris, Société d'Éditions géographiques, maritimes et coloniales, 1936; 1 vol. 24cm,5.

Acta Wrangeliana, n° 1, 1936; Estland, Baron M. Wrangell, Viru-Rœla; 1 fasc. 23cm,5.

Précis de Parasitologie, par E. BRUMPT, in *Collection de précis médicaux.* Paris, Masson et Cie, 1936; 2 vol. 20cm,5.

Les sables et les argiles granitiques, leur distribution et leur origine, par H. DOUVILLÉ. Extrait du *Bulletin de la Société géologique de France,* 5e série, t. VI, 1936; 1 fasc. 25cm. (Présenté par M. H. Douvillé.)

Mesmer et son secret, par le Dr JEAN VINCHON. Paris, Amédée Legrand, 1936; 1 vol. 29cm.

Contribution à la thermodynamique des systèmes ouverts par G. VAN LERBERGHE, in *Bulletin de la classe des sciences,* 5e série. Bruxelles, imprimerie de l'Académie royale de Belgique, 1936; 1 fasc. 25cm.

Thermodynamique des gaz humides, par G. VAN LERBERGHE et P. GLANSDORFF.

— Ire Partie : Théorie. Diagrammes TI et TS; extrait des *Publications de l'Association des ingénieurs de l'École des Mines de Mons.* La Louvière, imprimerie commerciale et industrielle, 1935; 1 vol. 25cm.

— Ire Partie : Fin de la théorie. IIe Partie : Applications. Paris et Liège, Librairie polytechnique Ch. Beranger, 1936; 1 vol. 25cm.

Le milieu synovial physiologique et pathologique, par J. SABRAZÈS et R. DE GRAILLY, in *Archives de la fondation Bergonié.* Paris, J.-B. Baillère et fils, 1936; 1 vol. 26cm,5.

Les bases de l'influence des phénomènes solaires en météorologie, par HENRI MÉMERY. Talence, Observatoire de physique solaire et de météorologie, 1936; 1 fasc. 23cm,5.

(*A suivre.*)

ERRATA.

(Séance du 7 décembre 1936.)

Note de M. *Léon Rebuffé*, Sur la mesure de la résistance électrique moyenne et de la durée pendant le choc de deux corps métalliques :

Page 1230, ligne 2 du titre, *au lieu de* durée pendant le choc, *lire* durée du contact par choc.

Page 1231, ligne 12, *au lieu de* chocs, *lire* ohms; lignes 18 et 21; *au lieu de* x, *lire* ρ; ligne 27, *au lieu de* z, *lire* τ.

Note de M. *Louis Hackspill*, Sur la décomposition thermique des carbonates de calcium :

Page 1262, tourner la figure de façon à avoir les pressions en abscisses et les températures en ordonnées.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE PUBLIQUE ANNUELLE DU LUNDI 21 DÉCEMBRE 1936

PRÉSIDENCE DE M. JEAN PERRIN.

En ouvrant la séance, M. **Jean Perrin** prononce l'allocution suivante :

Messieurs,

Comme tous vos présidents successifs, je dois m'acquitter d'abord du pénible devoir d'évoquer devant vous nos disparus et de jeter comme une dernière palme sur leur tombe.

Nos pertes ont été cruelles :

La Section de Géométrie a perdu Édouard Goursat, qui fut aussi grand comme professeur que comme mathématicien, car s'il a multiplié les découvertes avec un égal bonheur dans presque tous les domaines de la Mathématique, son *Traité d'Analyse* a permis à plusieurs générations de jeunes gens de s'initier à cette Science.

La Section d'Astronomie a perdu Maurice Hamy, justement renommé pour ses travaux de Mathématiques, d'Astronomie, de Physique, travaux qui ont notamment éclairé le problème de la figure des corps célestes fluides en rotation, qui ont permis de grands progrès dans la technique des instruments d'astronomie, et qui ont contribué à l'application de la méthode interférentielle pour la mesure des faibles diamètres.

La Section de Chimie a perdu l'illustre Henry Le Chatelier qui, le premier, a rattaché les phénomènes chimiques aux lois de la Thermodynamique, et dont les travaux sur les applications de la Chimie à l'Industrie ont obtenu une renommée mondiale.

Nous devons encore, pour la Section de Minéralogie, déplorer la disparition de Frédéric Wallerant, grand professeur lui aussi et grand ami des jeunes gens, auquel on doit en Cristallographie la notion féconde des

particules complexes possédant une symétrie propre, différente de celle du réseau cristallin.

Dans la Section de Botanique, nous avons perdu le grand esprit qu'était Julien Costantin, maître d'Idées, comme nous disions à l'École Normale, qui a su apporter des contributions surprenantes à notre connaissance de la prodigieuse mobilité des formes toutes contenues dans le même fonds héréditaire, dont l'une ou l'autre apparaît sous l'action du milieu extérieur.

Pierre Viala, pour l'Économie rurale, nous a laissé un grand exemple de ce que peut l'application de la Science pure sur l'organisation économique d'un pays, par la façon dont il a réussi à défendre ce qui, sans doute, est notre plus grande culture nationale : la vigne.

Encore dans le domaine de la Recherche appliquée, je salue en votre nom Charles Nicolle qui, à l'Institut Pasteur de Tunis, découvrit la prophylaxie prodigieusement simple d'une maladie, qui jadis multipliait la mort dans toutes les agglomérations où règne la misère, et en particulier dans les armées : le typhus exanthématique. Après quoi, il débarrassa tout aussi simplement l'Humanité d'un autre fléau, la fièvre récurrente; découvertes qui lui valurent le Prix Nobel et, ce qui vaut mieux, qui lui assureront, durant les âges à venir, la reconnaissance des hommes.

Puis-je dire, venant à la Section des académiciens libres, que la plus douloureuse, la plus glorieuse en tout cas de nos pertes, a été celle de Jean Charcot, mort au Champ d'Honneur de la Science? J'ai eu occasion de célébrer en d'autres circonstances tout ce que son œuvre et son caractère eurent de grand. Qu'il me suffise ici d'évoquer sa belle et noble figure et de souhaiter que l'effort de sa vie trouve bientôt des continuateurs.

La Section des applications de la Science à l'Industrie a perdu Jean Rey, grand ingénieur, dont les inventions ont rendu, tant à l'Industrie qu'à la Défense Nationale, de grands services, pour les thermocompresseurs, pour les commandes de pointage des tourelles, pour les mines sous-marines et enfin les phares.

Les pertes subies parmi les Correspondants n'ont pas été moins lourdes :

C'est l'astronome belge Stroobant, connu par ses travaux sur l'agran-

dissement apparent des astres à l'horizon, sur le prétendu satellite de Vénus, sur les astéroïdes, sur la vitesse radiale des étoiles.

C'est le grand soldat explorateur qu'a été GUSTAVE BINGER, conquérant pacifique d'immenses territoires africains, que la France reconnaissante lui donna le soin de gouverner.

C'est CAMILLE SAUVAGEAU, algologue, justement renommé, devenu célèbre par la découverte de la sexualité de certaines algues dont les laminaires étaient la seule forme connue, et aussi par celle d'une extrême variabilité de grandeur et de forme, pour de nombreuses algues, qui rappelle les découvertes de Costantin.

C'est ARNOLD THEILER, pathologiste, d'abord spécialisé dans les maladies des animaux, qui prouva son indomptable énergie durant la guerre des Boers et depuis a multiplié les découvertes, triomphant d'épizooties dues à des causes extrêmement variées.

C'est ÉDUARDO PERRONCITO, lui aussi pathologiste, en même temps que parasitologue, dont les découvertes sur l'ankylostome ont préservé la vie de milliers d'ouvriers.

C'est enfin le grand physiologiste IVAN PAVLOV, mort chargé d'ans et de gloire après d'admirables travaux sur les « réflexes absolus » et les « réflexes conditionnés », éclairant les rapports du psychisme avec la vie animale.

Pardonnez-moi l'extrême brièveté de ces indications; vous savez que des Notices relativement complètes sont déjà publiées dans nos *Comptes rendus;* c'est par allusions seulement que j'ai pu procéder ici.

Et maintenant que je suis arrivé, comme ces Éphémères qui ne vivent que d'un soir à un autre soir, au terme de ma brève fonction présidentielle, laissez-moi vous dire la sorte d'étonnement que j'éprouve à ce que ce soit sitôt fini, sans que j'aie eu le temps de déterminer ou d'accélérer aucune réforme de quelque importance dans notre vénérable Compagnie.

Je crois cependant qu'il en est de nécessaires, et qui seraient faciles. On nous reproche par exemple une classification de la Science par divisions égales, selon un cadre très ancien et trop rigide. On nous reproche plus encore, sinon d'être trop âgés, du moins de laisser trop peu de place aux

jeunes, et peut-être est-ce l'origine de la protestation injuste, mais générale, qui s'est récemment exprimée contre ce qu'on a nommé le « privilège de l'Institut ». Sans entrer dans le détail de propositions qui seront discutées entre nous à loisir, je veux du moins dire, fût-ce pour le public ami qui nous écoute, que je crois aisé, sans changer notre nombre, sans presque changer notre séculaire organisation, de remédier suffisamment à ce qui peut être fondé en ces reproches.

Enfin et comme sans doute c'est cela surtout que vous attendez de moi, je tiens à vous parler de cette Recherche scientifique à laquelle vous devez votre réputation ou votre gloire, cette Recherche qui a été, qui reste votre rêve et votre espoir.

Émile Borel, déjà, vous a dit les progrès de l'organisation que je commençais alors à obtenir des pouvoirs publics. Peut-être ne vous a-t-il pas assez dit, ce qu'il avait lui-même réussi à faire comme député, obtenant du Parlement sur la taxe d'apprentissage ce *sou du Laboratoire* qui a permis de lutter contre la pauvreté de nos équipements scientifiques et de faire que ce ne fût pas seulement par virements illégaux que les chercheurs de nos Facultés des Sciences pussent poursuivre leurs expériences.

Mais, disait Borel lui-même, on ne fait pas de la Recherche seulement avec des appareils; il y faut d'abord des cerveaux. J'ai découvert que les cerveaux étaient fâcheusement pourvus d'estomac et j'ai contribué à dresser un devis précis de ce qu'il fallait prévoir pour doubler à peu près la production scientifique française. Grâce à l'éloquence du président Herriot, grâce à l'appui de Borel encore, de Léon Blum, de Ducos et d'autres que je ne peux citer tous, le Parlement a voté les premiers fonds nécessaires. La création du Conseil supérieur de la Recherche scientifique, dont Anatole de Monzie a eu le haut mérite de prendre la responsabilité, nous a donné le jury indiscutable nécessaire pour les propositions. Et nous avons pu, sur cette clef de voûte, établir notre « Caisse Nationale des Sciences » permettant le travail à 300 chercheurs environ, dont les plus brillants sont déjà devenus professeurs de l'Enseignement supérieur. L'exemple le plus éclatant est celui de Frédéric Joliot et d'Irène Curie, tous deux nommés par nous Maîtres de Recherches, puis consacrés par le Prix Nobel, et qui ont renouvelé, vous le savez, à vingt-cinq ans de distance, la collaboration miraculeuse de Pierre et Marie Curie.

Sans doute en conséquence de ces efforts et de ces résultats, après que Léon Blum eut obtenu, non sans grande peine, que ma jeune et célèbre amie Irène Joliot-Curie acceptât symboliquement de retrancher quelques

mois à son travail de laboratoire pour que la Science et pour que les femmes fussent une première fois représentées dans le Gouvernement, j'ai été désigné pour sa succession. Et j'ai ainsi la profonde satisfaction de pouvoir amplifier et accélérer les possibilités offertes à la Recherche.

Je ne pensais d'abord qu'à la Recherche pure. C'est d'elle, en effet, qu'est venu, outre tout l'élargissement de notre intelligence, le formidable accroissement de puissance qui est le grand fait de l'Histoire contemporaine. C'est par elle seule que nous pouvons espérer quelque chose de vraiment *nouveau* qui libérera tous les hommes de toute servitude, et leur donnera ainsi les nobles loisirs sans lesquels il n'est pas de haute culture. Et cette même Recherche finira par nous épargner la déchéance et la maladie, transformant en une Aventure éclatante la destinée médiocre qui nous semblait promise.

Mais, tout de même, si la Recherche, si la Découverte font ce miracle, c'est par l'intermédiaire de l'Invention, puis des diverses techniques. Ampère ou Faraday sont la source d'où toute notre énorme industrie électrique a jailli, mais il a bien fallu avoir le génie inventif qui donna l'anneau Gramme pour capter dans les chutes d'eau mugissantes les esclaves dociles qui s'y trouvaient dissimulés, et pour les amener, domptés, jusque dans nos maisons.

J'ai donc, après avoir obtenu grâce à notre ministre Vincent Auriol, et malgré l'état dangereux de nos Finances, les quelques millions immédiatement nécessaires pour la *Recherche pure*, commencé à porter mon effort sur la *Recherche dirigée*. Ainsi que la Recherche pure, elle va dépendre maintenant d'une *Direction de la Recherche* qui assurera la stabilité et la continuité dans l'organisation vivante de problèmes à chaque instant nouveaux. Ai-je besoin de dire que cette Direction nouvelle, loin de nuire à la Direction de l'Enseignement supérieur, facilitera son effort, que toutes précautions sont prises pour que les deux Directions soient étroitement articulées l'une avec l'autre, pour le plus grand bénéfice de l'Enseignement supérieur comme de la Recherche, en particulier grâce au Conseil supérieur de la Recherche, presque entièrement constitué par des professeurs de l'Enseignement supérieur.

La même direction de la Recherche servira de centre de coordination entre les recherches appliquées, jusqu'ici poursuivies sans liaison réciproque au sein des divers Ministères. C'est ainsi que, grâce à l'aide si compréhensive du Ministre des Colonies, Marius Moutet, à celle fournie sous son impulsion par les Gouverneurs généraux, à celle enfin

de Viénot, Sous-Secrétaire d'État pour l'Afrique du Nord, j'espère prochainement organiser la Recherche dirigée dans toute la France d'outre-mer. Et ce n'est pas ici que je pourrais oublier l'aide précieuse qui sera due, en cette organisation, à notre Secrétaire perpétuel, Alfred Lacroix, qui a exploré presque toutes nos colonies, et dont les conseils aideront à connaître ou à exploiter les immenses ressources de notre vaste empire.

Voilà ce qui est fait ou ce qui est en train de se faire. C'est peu encore, mais il y a trois mois seulement que je peux travailler de façon rapide en vue de multiplier la Recherche et la Découverte. Je compte sur vous tous pour m'aider à édifier un organisme solide qui contribuera, je l'espère, au prestige de la France et, ce qui est mieux encore, au progrès de l'Humanité.

Je donne la parole à M. le Secrétaire perpétuel pour la proclamation de nos prix.



PRIX ET SUBVENTIONS ATTRIBUÉS EN 1936.

RAPPORTS.

MATHÉMATIQUES.

PRIX PONCELET.

(Commissaires : MM. L. Lecornu, J. Hadamard, Éd. Goursat, Ém. Borel, M. d'Ocagne, H. Lebesgue, E. Cartan, G. Julia; Ém. Picard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Paul Lévy**, professeur à l'École polytechnique, ingénieur en chef des Mines, pour l'ensemble de ses travaux mathématiques.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX FRANCOEUR.

(Commissaires : MM. Ém. Picard, L. Lecornu, J. Hadamard, Éd. Goursat, Ém. Borel, M. d'Ocagne, H. Lebesgue, E. Cartan; G. Julia, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Claude Chevalley**, chargé de recherches à la Caisse nationale des sciences, pour ses travaux sur la Théorie des corps de classes.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

MÉCANIQUE.

PRIX MONTYON.

(Commissaires : MM. Ém. Picard, L. Lecornu, Éd. Goursat, Ém. Borel, J. Drach, H. Villat, L. de Broglie, A. Caquot; Ém. Jouguet, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Louis Bergeron**, professeur à l'École centrale des Arts et Manufactures, pour ses travaux sur les machines hydrauliques.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX FOURNEYRON.

(Commissaires : MM. Ém. Picard, L. Lecornu, Éd. Goursat, Ém. Borel, J. Drach, H. Villat, L. de Broglie, A. Caquot; Ém. Jouguet, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **André Tenot**, professeur à l'École des Arts et Métiers de Châlons-sur-Marne, pour ses travaux sur les turbines hydrauliques.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX BOILEAU.

(Commissaires : MM. Ém. Picard, L. Lecornu, Éd. Goursat, Ém. Borel, J. Drach, Ém. Jouguet, L. de Broglie, A. Caquot; H. Villat, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Max Teissié-Solier**, chef de travaux, chargé de cours à l'Institut Électrotechnique de l'Université de Toulouse, pour ses recherches hydrauliques sur le régime turbulent naturel.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX HENRI DE PARVILLE.

(Commissaires : MM. Ém. Picard, L. Lecornu, Éd. Goursat, Ém. Borel, J. Drach, Ém. Jouguet, L. de Broglie, A. Caquot; H. Villat, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Henri Poncin**, chargé de conférences de Mathématiques à la Faculté des sciences de Poitiers, pour ses travaux d'hydrodynamique.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

ASTRONOMIE.

PRIX LALANDE.

(Commissaires : MM. Ém. Picard, H. Deslandres, H. Lebesgue, A. Cotton, E. Esclangon, Ch. Maurain, A. de La Baume Pluvinel, N.; G. Fayet, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Louis Boyer**, aide-astronome à l'Observatoire d'Alger, pour ses travaux sur les Petites planètes.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX BENJAMIN VALZ.

(Commissaires : MM. Ém. Picard, H. Deslandres, H. Lebesgue, A. Cotton, Ch. Maurain, A. de La Baume Pluvinel, G. Fayet, N.; E. Esclangon, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **André Couder**, aide-astronome à l'Observatoire de Paris, pour ses travaux sur les Instruments d'optique.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

MÉDAILLE JANSSEN

(Commissaires : MM. Ém. Picard, H. Lebesgue, A. Cotton, E. Esclangon, Ch. Maurain, A. de La Baume-Pluvinel, G. Fayet; H. Deslandres, rapporteur.)

La Commission propose de décerner la médaille à M. **Henry Norris Russell**, directeur de l'Observatoire de Princeton, pour ses importants travaux d'Astronomie stellaire.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

GÉOGRAPHIE.

PRIX DELALANDE-GUÉRINEAU.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, H. Douvillé, Ch. Lallemand, R. Bourgeois, E. Fichot, G. Perrier, J. Tilho, G. Durand-Viel; Ch. Maurain, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Jean Rothé**, assistant à l'Institut de physique du Globe de l'Université de Strabourg, pour ses observations et recherches de physique du globe et de géographie physique effectuées pendant plus d'une année au Groënland (Scoresby Sund) et dont les résultats ont fait l'objet de plusieurs mémoires de grand intérêt.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX GAY.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, H. Douvillé, Ch. Lallemand, R. Bourgeois, E. Fichot, Ch. Maurain, J. Tilho, G. Durand-Viel; G. Perrier, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à l'**Institut scientifique chérifien**, dirigé par M. Jacques Liouville, pour les services rendus par

cet établissement aux Sciences en général et à la connaissance des richesses naturelles du Maroc.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION TCHIHATCHEF.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, H. Douvillé, Ch. Lallemand, R. Bourgeois, E. Fichot, G. Perrier, Ch. Maurain, J. Tilho, G. Durand-Viel.)

Les arrérages de la fondation ne sont pas attribués.

PRIX BINOUX.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, H. Douvillé, Ch. Lallemand, E. Fichot, G. Perrier, Ch. Maurain, J. Tilho, G. Durand-Viel; R. Bourgeois, rapporteur.)

Votre Commission de géographie vous propose, à l'unanimité, d'attribuer le prix Binoux au colonel **Édouard de Martonne**, attaché au Service géographique de l'armée, pour l'ensemble de son œuvre de cartographie coloniale et en particulier pour celle qu'il a réalisée en Afrique Occidentale Française où dans des circonstances difficiles il a réorganisé et développé le Service géographique de notre grande contrée africaine.

Édouard de Martonne est un professionnel de la géographie coloniale, à laquelle il a consacré toute sa carrière. Quand il a été appelé à la direction du Service géographique de l'Afrique Occidentale Française, il s'était fait connaître par une série de travaux géodésiques et topographiques à Madagascar et au Maroc et sa conférence était affirmée aux yeux de tous les coloniaux, de telle sorte qu'en 1926, quand on songea en haut lieu à ressusciter le Service géographique de l'Afrique Occidentale Française, c'est à lui que fit appel le gouverneur général Merlin.

L'œuvre était compliquée et demandait une compétence et aussi une énergie considérables; en effet, le Bureau topographique embryonnaire et mal défini qui existait en 1914 avait été abandonné de 1914 à 1921. Cela avait eu comme conséquence un véritable désastre. Les archives existantes, levés d'itinéraires des officiers des colonnes expéditionnaires, les travaux de quelques topographes, avaient été ou pillés par des personna-

lités sans mandat, ou plus malheureusement encore détruits par l'humidité ou les termites.

Tout était à refaire. Le Capitaine, puis Commandant et enfin Colonel se mit à l'œuvre. Avec le concours d'officiers ayant déjà fait des travaux topographiques et géodésiques dans les Services géographiques coloniaux, avec le concours aussi du Service géographique de l'armée, il réorganisa un service complet, put reprendre les opérations géodésiques et les travaux topographiques, appliqua les méthodes spéciales que l'on emploie aujourd'hui dans les pays neufs ou associa l'astronomie et la photographie aux opérations topographiques, et réussit de telle sorte qu'aujourd'hui le Service géographique de l'Afrique Occidentale Française est l'un des mieux organisés de notre empire colonial, et que l'établissement de la Carte suit maintenant son évolution normale. En outre d'une carte régulière au 1/200000e dans les régions où la colonisation se développe le plus régulièrement, et qui couvre plus de 200$^{km^2}$, des levés semi-réguliers ou des reconnaissances sont exécutés dans les autres régions et avancent régulièrement ainsi que leur publication.

On se rendra compte de l'intensité du travail à accomplir quand on se rappellera que la surface de notre colonie d'Afrique Occidentale Française correspond à trois fois celle de la France.

Votre Commission a donc estimé que le prix Binoux, à décerner en 1936 et destiné à récompenser l'auteur de travaux sur la géographie, ne pouvait être mieux attribué qu'au Colonel **Édouard de Martonne**.

Elle propose donc à l'Académie de ratifier sa proposition.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

NAVIGATION.

PRIX DE LA MARINE.

(Commissaires : MM. Ém. Picard, Ch. Lallemand, L. Lecornu, R. Bourgeois, M. Laubeuf, E. Fichot, G. Perrier, J. Charcot, J. Drach, H. Villat, J. Tilho, L. de Broglie, A. Caquot, G. Durand-Viel; Ém. Jouguet, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **René Perrin**, ingénieur en chef du Génie Maritime, pour ses études sur le fonctionnement des torpilles automobiles.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX PLUMEY.

(Commissaires : MM. Ém. Picard, Ch. Lallemand, L. Lecornu, R. Bourgeois, E. Fichot, G. Perrier, J. Charcot, J. Drach, Ém. Jouguet, H. Villat, J. Tilho, L. de Broglie, A. Caquot, G. Durand-Viel; M. Laubeuf, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **René Norguet**, ingénieur en chef du Génie Maritime, pour ses études de chaudières marines, études qui ont conduit à la création de chaudières perfectionnées, d'un rendement très supérieur à celui des chaudières existantes.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PHYSIQUE.

PRIX L. LA CAZE.

(Commissaires : MM. Ém. Picard, Éd. Branly, P. Janet, M. Brillouin, J. Perrin, M. de Broglie, Ch. Fabry, P. Langevin; A. Cotton, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Jean Becquerel**, professeur au Muséum National d'Histoire naturelle, pour l'ensemble de ses travaux de magnéto-optique.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX FRANÇOIS HÉBERT.

(Commissaires : MM. Ém. Picard, Éd. Branly, P. Janet, M. Brillouin, J. Perrin, A. Cotton, M. de Broglie, P. Langevin; Ch. Fabry, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Georges-Albert Boutry**, directeur du laboratoire d'essais du Conservatoire national des Arts et Métiers, pour ses recherches sur les cellules photoélectriques et leurs applications.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX HUGHES.

(Commissaires : MM. Ém. Picard, Éd. Branly, P. Janet, M. Brillouin, J. Perrin, A. Cotton, M. de Broglie, P. Langevin; Ch. Fabry, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Marcel Laporte**, professeur à la Faculté des sciences de Nancy, pour ses recherches sur la décharge électrique dans les gaz.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX PAUL MARGUERITE DE LA CHARLONIE.

(Commissaires : MM. Ém. Picard, Éd. Branly, P. Janet, J. Perrin, A. Cotton, M. de Broglie, Ch. Fabry, P. Langevin; M. Brillouin, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Henri Abraham**, professeur à la Faculté des sciences de Paris, pour l'ensemble de son œuvre scientifique.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION CLÉMENT FÉLIX.

(Commissaires : MM. Ém. Picard, Éd. Branly, P. Janet, M. Brillouin, A. Cotton, M. de Broglie, Ch. Fabry, P. Langevin; J. Perrin, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer les arrérages de cette fondation à M[lle] **Nine Choucroun**, attachée à l'Institut de Biologie physico-chimique, pour la continuation de ses travaux sur l'électrophorèse.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

CHIMIE.

PRIX MONTYON DES ARTS INSALUBRES.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, H. Le Chatelier, A. Béhal, G. Urbain, G. Bertrand, A. Desgrez, R. Lespieau, M. Delépine; R. Fosse, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Paul de Graeve**, ingénieur chimiste de l'Université de Lille, pour ses travaux sur le phosgène.

Une mention honorable de 1500[fr] à M. **Jean Le Bras**, ingénieur de

l'École de physique et chimie industrielles, pour sa contribution à l'étude des pouvoirs extincteurs de diverses matières vis-à-vis des liquides ou des vapeurs enflammés.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX JECKER.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, H. Le Chatelier, A. Béhal, G. Urbain, G. Bertrand, A. Desgrez, R. Fosse, R. Lespieau; M. Delépine, rapporteur.)

M. **Charles Dufraisse**, professeur à l'École de physique et chimie industrielles, sous-directeur au Collège de France, a consacré ses premières recherches à la stéréochimie des composés éthyléniques, chapitre peu étudié de la Chimie, en raison des difficultés pratiques et théoriques dont il est hérissé. Ce travail a fait l'objet d'une thèse de doctorat, présentant plusieurs résultats originaux, entre autres : description de cas assez exceptionnels d'isomérie (bromostyrolène, corps iodé, etc.), étude de la transmutation des stéréoisomères avec mise en évidence d'un état d'équilibre, relations de l'isomérie avec l'isomorphisme et le polymorphisme.

Ces travaux continués et développés pendant plusieurs années avec divers collaborateurs forment un ensemble qui a accru nos connaissances, non seulement sur la stéréochimie éthylénique, mais aussi sur diverses questions de théories ou de techniques soulevées au passage. On doit citer en particulier : l'addition des alcools aux cétones bromoéthyléniques (avec M. Gérald), le polymorphisme du dibenzoylméthane et de plusieurs de ses dérivés (avec M. Gillet), une méthode très générale de préparation des dicétones-α (avec M. Henri Moureu), la tautomérie cétoénolique des dicétones-α (avec M. Henri Moureu), une méthode de préparation des éthers énoliques de dicétones-α (avec M. Chaux).

Dans un domaine entièrement différent, à propos de l'acroléine, de sa stabilisation et de sa condensation, M. Dufraisse a eu l'occasion de décrire, avec M. Gailliot, un phénomène singulier, qui est la production rythmique de sillons dans les cassures de certains gels d'acroléine : cette particularité a servi de base à une hypothèse sur la structure des gels.

En dehors de cette activité avec ses propres élèves, M. Dufraisse eut avec son Maître, Charles Moureu, une longue collaboration qui naquit de

deux découvertes faites en commun : la propriété antioxygène, d'une part, et le rubrène, d'autre part. Cette collaboration, à laquelle participèrent de nombreux collaborateurs français (Willemart, Robin, Badoche, Enderlin, etc.) et étrangers (Dean, Butler, Blatt, etc.) ne fut interrompue que par la mort de Charles Moureu. Les acquisitions qui en résultèrent sont trop connues pour qu'il soit nécessaire de les détailler, pas plus que leurs applications.

Depuis la disparition de son Maître, M. Dufraisse a poursuivi sans relâche l'œuvre commune avec l'aide de ses élèves français (Drisch, Buret, Loury, Chovin, Vieillefosse, Le Bras, Girard, Rocher, Velluz, Étienne, Gérard, Mme Pradier-Gibello) ou étrangers (Nakaé, Masumoto, Monier, Peres de Carvalho). De nouveaux faits ont été accumulés dans les deux ordres de recherches.

En ce qui concerne la propriété antioxygène, ont été principalement travaillées la protection du caoutchouc et la défense contre l'incendie.

C'est du temps de Moureu que M. Dufraisse, avec son Maître, et Dean découvrirent cette classe nouvelle et si intéressante de carbures colorés dont le premier, appelé rubrène, devint le prototype d'une multitude d'autres, depuis appelés rubènes. Ces hydrocarbures, pour la plupart, fixent spontanément l'oxygène pour le restituer par chauffage. Ce fait nouveau et inattendu a permis d'édifier une théorie de l'oxydabilité réversible. M. Dufraisse a par la suite multiplié les exemples et, de proche en proche, il a découvert récemment l'oxydabilité réversible de dérivés anthracéniques qui, eux, sont incolores; on était bien loin de soupçonner cette propriété avant lui.

Enfin, des recherches patientes et persévérantes, basées sur une habileté peu commune dans la préparation de nombreux et nouveaux dérivés des rubènes l'ont conduit à réformer l'ancienne formule du rubrène et de ses dérivés, adoptée du temps de Moureu. M. Dufraisse a établi aussi la vraie structure de ces corps, qui sont des naphtacènes; c'est tout un nouveau chapitre de Chimie organique qui s'ouvre et dont l'intérêt suscite d'ailleurs déjà des travaux à l'étranger.

M. **Dufraisse** a eu, en outre, le mérite d'intéresser un grand nombre de travailleurs à ses recherches et de les animer de son propre zèle.

La Commission propose de lui attribuer le prix Jecker.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX L. LA CAZE.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, H. Le Chatelier, A. Béhal, G. Bertrand, A. Desgrez, M. Delépine, R. Fosse, R. Lespieau; G. Urbain, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Paul Job**, professeur à la Faculté des sciences, pour l'ensemble de ses travaux dont la plupart se rapportent aux complexes minéraux auxquels il a apporté, d'un double point de vue théorique et pratique, de très importantes contributions.

L'intérêt de son étude sur les cobaltammines réside non seulement dans la découverte d'espèces nouvelles, en particulier d'une série de sels de tétrammines, mais surtout dans la mise au point de méthodes originales, soit pour l'analyse qualitative des complexes, soit pour le dosage des ions dissimulés, soit pour la mise en évidence et le dosage de l'eau de constitution.

A propos des nombreux complexes imparfaits dont M. Job a étudié la formation et la stabilité, il a donné une base théorique à la méthode des variations continues et montré qu'elle permet, d'une manière simple, de mesurer les constantes d'équilibre. Les méthodes spectrographique et spectrophotométrique se sont montrées dans les recherches de M. P. Job particulièrement fructueuses; elles ont pu être appliquées à d'autres problèmes, tels, par exemple, que l'étude de l'hydrolyse. Les principes ainsi posés ont d'ailleurs été utilisés par de nombreux chercheurs.

La coloration des sels de cobalt en solution chlorhydrique n'avait été étudiée que d'un point de vue qualitatif. M. Job a montré que cette question peut être résolue quantitativement, et qu'il est possible d'appliquer la loi d'action de masse en présence d'acide concentré.

En dehors de ses travaux de recherches, M. Job a publié, entre autres, un volume sur l'application des méthodes physiques à la chimie; ce livre a rendu de grands services.

Ces importantes recherches justifient la proposition faite par la Section de Chimie en faveur de M. **Paul Job**.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION CAHOURS.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, H. Le Chatelier, A. Béhal, G. Urbain, G. Bertrand, A. Desgrez, M. Delépine, R. Lespieau; R. Fosse, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer les arrérages de la fondation à M. **Arthur Brunel**, attaché au Muséum national d'histoire naturelle, auteur de recherches sur les Champignons.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX HOUZEAU.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, H. Le Chatelier, A. Béhal, G. Urbain, G. Bertrand, M. Delépine, R. Fosse, R. Lespieau; A. Desgrez, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Maurice Rangier**, docteur ès sciences, auteur d'études sur les transformations de l'acide urique et du complexe jusqu'ici inconnu, résultant de la combinaison de ce corps avec l'urochrome de l'urine.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION CHARLES-ADAM GIRARD.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, H. Le Chatelier, A. Béhal, G. Bertrand, A. Desgrez, M. Delépine, R. Fosse, R. Lespieau; G. Urbain, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer les arrérages de la Fondation Charles-Adam Girard à M. **Georges Kravtzoff**, chargé de recherches à l'Institut de Chimie de Paris, pour ses travaux sur l'électrolyse des sels organiques de cuivre qui lui ont donné des résultats remarquables.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.



MINÉRALOGIE ET GÉOLOGIE.

PRIX CUVIER.

(Commissaires : MM. Ch. Barrois, H. Douvillé, F. Wallerant, L. Mangin, L. de Launay, P. Sabatier, L. Cayeux, Ch. Jacob; A. Lacroix, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Émile-Félix Gautier**, professeur honoraire à l'Université d'Alger, pour ses beaux travaux sur la géographie physique de Madagascar et du Sahara qui sont riches en observations et en vues nouvelles.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX VICTOR RAULIN.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, Ch. Barrois, H. Douvillé, F. Wallerant, L. Mangin, L. de Launay, P. Sabatier, Ch. Jacob; L. Cayeux, rapporteur.)

La Commission propose à l'unanimité de décerner le prix réservé cette année à la minéralogie et à la pétrographie à M. **Henri Longchambon**, professeur de minéralogie à la Faculté des sciences de Lyon.

Les travaux de minéralogie de M. Longchambon ont principalement porté, dans ces dernières années, sur la mise au point de méthodes d'étude des corps cryptocristallins du genre des argiles, et sur l'étude de certaines familles de minéraux appartenant à ce groupe.

Entre autres résultats importants, obtenus par l'auteur dans cette voie, il convient de signaler l'établissement d'un mode d'étude des courbes de déshydratation des minéraux, aboutissant à l'enregistrement automatique et continu de ces courbes dans des conditions précises. Cette méthode se conjugue utilement avec l'étude de l'évolution thermique d'un minéral fait par dilatométrie, par diffraction des rayons X et par analyse thermique.

Ces méthodes ont permis de vérifier l'étroite analogie, prévue par M. Fersmann, existant entre les sépiolites et les palygorskites.

Dans le domaine des argiles, un résultat non moins important a été obtenu en démontrant que certaines d'entre elles sont intégralement constituées par des palygorskites (Lutétien du Bassin de Paris, Carpentras, etc.). En sorte que l'on connaît maintenant à l'état microscopique, et parfaitement définis par des caractéristiques précises, deux des constituants minéralogiques essentiels des sédiments argileux : la kaolinite et la palygorskite.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

BOTANIQUE.

PRIX DESMAZIÈRES.

(Commissaires : MM. L. Bouvier, A. Lacroix, L. Mangin, J. Costantin, G. Bertrand, M. Molliard, L. Blaringhem, A. Guilliermond ; P.-A. Dangeard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à feu **Camille Sauvageau**, correspondant de l'Académie, professeur honoraire à la Faculté des sciences de Bordeaux, pour son ouvrage intitulé : *Sur quelques algues phéosporées de Guéthary*.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX MONTAGNE.

(Commissaires : MM. L. Bouvier, A. Lacroix, L. Mangin, P.-A. Dangeard, G. Bertrand, M. Molliard, L. Blaringhem, A. Guilliermond ; J. Costantin, rapporteur.)

La Commission propose de partager le prix également entre : M. **Germain Chalaud**, chef de travaux à la Faculté des sciences de Toulouse, pour

l'ensemble de ses travaux sur un *Groupe de Cryptogames : les Hépatiques;* et M. **Jean Chaze**, assistant à la Faculté des sciences de Paris, pour l'ensemble de ses travaux sur la culture des Saprolégniées et les maladies du Champignon de couche.

Les publications présentées par M. **Germain Chalaud** sont au nombre de trente-deux : elles se rapportent toutes aux Hépatiques. Une mention particulière doit être faite d'un très gros Mémoire sur le cycle évolutif de *Fossombria pusilla* Dun., de plus de 300 pages ornées de 285 figures dans le texte, avec 8 planches. Dans cet important travail, l'évolution de la plante est suivie à partir de la spore en cultures pures; on y trouve notamment les études cytologiques très approfondies des cellules reproductrices et de l'appareil végétatif.

Accompagnant ce grand travail, les autres Notes beaucoup plus courtes renferment également des observations intéressantes se rapportant à la Systématique, à la Biologie générale, à la germination des spores, à la Cytologie et la Spermatogénèse de diverses Hépatiques.

La partie systématique renferme l'énumération des espèces de la région toulousaine et de la Haute Ariège; une mention doit être faite d'une clé dichotomique du genre *Fossombria* Raddi et la révision du genre *Simodon* Lindb.; elle comprend également des rectifications de diagnoses. L'auteur a contribué à l'établissement des *Hepaticæ Selectæ criticæ*.

La partie biologique renferme des observations sur les conditons de vie et l'adaptation des divers organes, la ramification, la fausse dichotomie surtout du *Metzgeria furcata*. Une mention particulière doit être faite du *Sewardiella tuberifera*, Metzgeriale de l'Inde septentrionale qui renferme des Champignons que l'auteur regarde comme causant la tubérisation. C'est le terme le plus parfait de l'adaptation d'un gamétophyte pérennant à la vie commune avec des mycorhizes. Le bulbe est toujours indemne.

L'étude de la multiplication végétative se rapporte, entre autres, à des *Radula*, *Lophocolea* ayant des propagules tous fonctionnels; à des rameaux adventifs sur les périanthes, à des amphigastres et à leurs feuilles.

La germination des spores a été suivie chez divers types (*Frullania*, *Fegetella*) avec suppression expérimentale de la phase protonémique; l'initiale apparaît dans la spore même.

En cytologie et spermatogénèse, M. **Chalaud** a dénombré les chromosomes de la phase haploïde (*Fossombria*) et étudié en détail la réduction chromatique et la formation des tétrades de spores; il a suivi le dévelop-

pement de l'œuf, la formation de l'embryon et sa transformation en sporophyte.

Deux travaux sur des sujets différents ont été présentés par M. **Jean Chaze**; ils méritent la récompense qui lui est accordée. Jusqu'ici la culture pure des Saprolégniées était regardée comme très difficile; l'auteur est arrivé à la réaliser sur tous les milieux utilisés pour les Champignons ordinaires qui vivent en terre et fructifient à l'air. Les Saprolégniées sont cependant des types aquatiques et d'ordinaire rencontrés dans le corps de Poissons; malgré cette adaptation particulière, ils se cultivent sur les milieux solides comme des saprophytes, bien qu'ils soient parasites. M. **Chaze** est parvenu parfois à les réinoculer aux Poissons. Le Champignon reste stérile en milieu solide à la température du laboratoire; en milieu liquide on a des ébauches de zoosporanges, qui ne deviennent des organes produisant des zoospores que sur certains milieux liquides; jamais les organes sexuels ne se sont formés.

Le second Mémoire a été publié en collaboration avec M. André Sarazin, c'est une étude biologique et expérimentale sur la môle, maladie du Champignon de couche. Les recherches ont été conduites suivant les techniques de la Cytologie et la Microbiologie. On y voit que le parasite *Mycogone* est turgescent et hypertrophié, aussi écrase-t-il les cellules du Psaliotte dans la partie fructifère et détermine leur mort; le *Verticillium*, autre forme de la maladie, ne joue aucun rôle dans les déformations du carpophore. Le fumier est impropre à la germination des spores des deux formes précédentes, qui n'a pas lieu non plus dans la terre à gobeter bien qu'elle soit le lieu de conservation de ces organes reproducteurs. L'infection naturelle s'opère sur certains cordons mycéliens; on la réalise expérimentalement à coup sûr, en broyant le mycélium avec la terre à gobeter en présence de Bactéries. Le blanc pur stérilisé empêche la germination des spores du parasite; il possède une immunité naturelle qui n'est pas due à la phagocytose, mais à une sécrétion humorale.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX DE COINCY.

(Commissaires : MM. L. Bouvier, A. Lacroix, L. Mangin, J. Costantin, P.-A. Dangeard, M. Molliard, L. Blaringhem, A. Guilliermond; G. Bertrand, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Désiré Bois**, professeur honoraire au Muséum national d'histoire naturelle pour l'ensemble de ses travaux.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

ÉCONOMIE RURALE.

PRIX DEMOLOMBE.

(Commissaires : MM. L. Mangin, J. Costantin, P. Marchal, E. Leclainche, L. Lapicque, R. Fosse, G. Moussu, N.; E. Schribaux, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Félicien Bœuf**, chef honoraire du Service botanique et agronomique de Tunisie à Ariana, pour son ouvrage intitulé : *Les bases scientifiques de l'amélioration des plantes*.

Les plus grands progrès réalisés dans la production végétale au cours des vingt dernières années, sont incontestablement dus à l'introduction de variétés sélectionnées.

Il a semblé à la Commission que le prix Demolombe devait aller de préférence à une publication de génétique appliquée, susceptible de donner un nouvel élan à l'amélioration rationnelle des espèces cultivées. Le livre de M. Bœuf répond pleinement au désir de la Commission : c'est celui d'un savant très au courant des progrès réalisés en génétique depuis une dizaine d'années; c'est en même temps celui d'un technicien hors de pair, dont la maîtrise s'est révélée au service botanique et agronomique de Tunisie qu'il dirige depuis bientôt trente ans. En décernant le prix Demolombe à

M. **Bœuf**, la Commission a voulu récompenser à la fois l'auteur d'une excellente publication, et le principal artisan de l'évolution si heureuse de la culture du blé dans nos possessions du Nord de l'Afrique au cours des quinze dernières années.

L' Académie adopte la proposition de la Commission.

ANATOMIE ET ZOOLOGIE.

PRIX DA GAMA MACHADO.

(Commissaires MM. A. d'Arsonval, L. Bouvier, A. Lacroix, H. Douvillé, P. Marchal, F. Mesnil, Ch. Gravier, Ch. Pérez; M. Caullery, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Pierre Cappe de Baillon**, docteur ès sciences, pour ses travaux sur les Insectes Phasmides.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION SAVIGNY.

(Commissaires MM. A. d'Arsonval, L. Bouvier, A. Lacroix, H. Douvillé, P. Marchal, F. Mesnil, M. Caullery, Ch. Pérez; Ch. Gravier, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **René Dieuzeide**, docteur ès sciences et en médecine, assistant de la chaire de zoologie à la Faculté des sciences d'Alger, qui a contribué à nous faire connaître les animaux de la faune côtière de nos possessions nord-africaines et leurs parasites. Il s'est occupé en particulier de deux Gastéropodes pulmonés marins très curieux (Contribution à l'étude de deux types de Gastéropodes pulmonés marins : *Siphonaria algesiræ* Quoy et Gaimard, et *Gadinia garnoti* Payrau-

deau, 196 pages, 13 planches, 41 figures dans le texte, *Station d'Agriculture et de Pêche de Castiglione*, 1934, Alger, 1935), signalés depuis longtemps, étudiés par de bons auteurs, mais dont les affinités demeurent, malgré tout, énigmatiques.

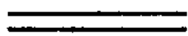
L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX JEAN THORE.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, A. Lacroix, H. Douvillé, P. Marchal, F. Mesnil, Ch. Gravier, M. Caullery, Ch. Pérez; L. Bouvier, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Gaston Portevin**, pour son ouvrage intitulé *Histoire naturelle des Coléoptères de France :* IV. *Polyphaga Rhynchophora* ou Charançons. C'est le quatrième et dernier volume du travail consacré par cet auteur à l'*Histoire naturelle des Coléoptères de France*. Très bien illustré comme les précédents, ce volume est appelé à rendre de grands services à tous ceux qui s'intéressent aux Charançons de notre pays.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.



MÉDECINE ET CHIRURGIE.



PRIX MONTYON.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, A. Lacroix, Éd. Branly, F. Mesnil, Ch. Achard, L. Lapicque, J.-L. Faure, P. Portier; H. Vincent, A. Gosset, rapporteurs.)

La Commission propose de décerner :

Un prix de 2500^fr à M. **Léon Delhoume**, docteur en médecine, pour son ouvrage intitulé : *Dupuytren;*

Un prix de 2500^fr à M. **Marius Piéry**, professeur d'hydrologie théra-

peutique et de climatologie à la Faculté de médecine de Lyon, pour son ouvrage intitulé : *Traité de climatologie biologique et médicale*;

Un prix de 2500^{fr} à M. **Pierre Rigaud**, oto-rhino-laryngologiste des Hôpitaux, chef de service à l'Hôtel-Dieu de Toulouse, pour son ouvrage intitulé : *Le labyrinthe, étude physio-pathologique et clinique ;*

Une mention honorable de 1500^{fr} est accordée à MM. **Jacques Courtois**, médecin accoucheur, et **Raoul Lecoq**, directeur de laboratoire de l'hôpital de Saint-Germain-en-Laye, pour leurs travaux sur les colibacilloses obstétricales, les infections puerpérales et les toxémies gravidiques;

Une mention honorable de 1500^{fr} est accordée à M. **André Feil**, chef de service à la Faculté de médecine de Paris, pour son ouvrage intitulé : *Le travail de l'ardoise et la pathologie professionnelle de l'ardoisier;*

Une mention de 1500^{fr} est accordée à M. **Maurice Sourdille**, professeur à l'École de médecine de Nantes, pour son ouvrage intitulé : *Traitement chirurgical de l'otospongiose;*

Une citation est accordée à M. **Émile Gilbrin**, ancien interne des hôpitaux de Paris, chef de clinique à la Faculté de médecine de Paris, pour son ouvrage intitulé : *Recherches sur le génie épidémique* : *Étude des variations du pouvoir pathogène et du pouvoir toxigène du bacille diphtérique;*

Une citation est accordée à M. **Georges Fabiani**, préparateur à la Faculté de médecine d'Alger, pour son ouvrage intitulé : *Contribution à l'étude des antivirus.*

Rapport de M. A. Gosset *sur l'ouvrage de M.* **Léon Delhoume**, *intitulé :* Dupuytren.

Le docteur **Delhoume** a fait revivre la grande figure de Dupuytren et, grâce à des documents inédits trouvés dans les papiers de la famille, il a fait justice de certaines malveillances : la gloire de Dupuytren en sort plus pure.

Rapport de M. H. Vincent *sur l'ouvrage de M.* **Marius Piéry**, *intitulé :* Traité de climatologie biologique et médicale.

L'ouvrage de M. **Marius Piéry** comprend 3 volumes. Il a été édité avec la collaboration de 141 *auteurs* et est précédé d'une Introduction de M. d'Arsonval. Ce traité expose, parmi de nombreux problèmes, la Cli-

matophysique et la Climatochimie, la Bioclimatologie, la Climatologie humaine, la Climatopathologie, etc.

C'est un ouvrage entièrement nouveau, fondé sur les lois de l'observation biologique et qui représente un travail considérable. Il est rédigé par des savants ou des spécialistes de disciplines variées.

Rapport de M. A. Gosset *sur l'ouvrage de M.* **Pierre Rigaud**, *intitulé :* Le labyrinthe. Étude physio-pathologique et clinique.

L'auteur a groupé avec beaucoup de talent les acquisitions physiologiques, physio-pathologiques et cliniques que nous possédons sur le labyrinthe, et apporté une part personnelle considérable, fruit d'un travail de quinze années. Tous ceux qui s'intéressent à ces questions, même sans être spécialisés, devront lire le très beau travail de M. **Pierre Rigaud.**

Rapport de M. H. Vincent *sur l'ouvrage de MM.* **Jacques Courtois** *et* **Raoul Lecoq**, *intitulé :* Travaux sur les Colibacilloses obstétricales, les infections puerpérales et les toxémies gravidiques.

L'ensemble de ces travaux comprend six publications sur les colibacilloses obstétricales, les infections puerpérales et les toxémies gravidiques. Ces recherches, fondées sur les examens de laboratoire et les constatations cliniques, ont pour conclusion la prévention des infections puerpérales par la vaccinothérapie.

Rapport de M. H. Vincent *sur l'ouvrage de* M. **André Feil**, *intitulé :* Le travail de l'ardoise et la pathologie professionnelle de l'ardoisier.

Monographie consciencieuse et documentée sur l'industrie de l'ardoise et la pathologie professionnelle des ardoisiers. La tuberculose pulmonaire s'avère assez fréquente chez ces derniers. M. **André Feil** mentionne les modes de captage et d'abatage des poussières par aspiration ou noyage dans l'eau pulvérisée, etc.

Rapport de M. A. Gosset *sur l'ouvrage de M.* **Maurice Sourdille**, *intitulé :* Traitement chirurgical de l'otospongiose.

Dans ce travail de valeur, présenté sous forme de Rapport au Congrès de la Société française d'oto-rhino-laryngologie en octobre 1935, l'auteur

étudie la surdité progressive par ankylose de l'étrier. Reprenant les tentatives opératoires défendues par Gunnar Holmgren dans son Rapport au Congrès de Paris en 1922 où l'auteur préconisait, contrairement à l'abstention de règle jusqu'alors, la chirurgie microscopique de l'oreille et opposait quatre cas opérés d'otospongiose, **Maurice Sourdille** apporte une contribution personnelle de grande valeur.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

PRIX BARBIER.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, A. Lacroix, Éd. Branly, E. Leclainche, F. Mesnil, H. Vincent, Ch. Achard, A. Gosset, J.-L. Faure, P. Portier; L. Lapicque, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Bernard Gouzon**, préparateur à la Faculté des sciences de Marseille, pour son ouvrage intitulé : *Sur l'Étude de quelques Porphyrines naturelles. Application aux pigments fluorescents de l'œuf des oiseaux.*

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX BRÉANT.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, A. Lacroix, Éd. Branly, E. Leclainche, H. Vincent, Ch. Achard, L. Lapicque, A. Gosset, J.-L. Faure, P. Portier; F. Mesnil, rapporteur.)

La Commission a retenu pour ce prix (constitué par les intérêts du capital) la candidature de M. **Jean Laigret**, ancien médecin des troupes coloniales, chef de laboratoire à l'Institut Pasteur de Tunis. Il y a bientôt dix ans qu'il a abordé à Dakar (avec MM. Sellards et Mathis) l'étude expérimentale de la fièvre jaune; c'est là que fut isolée la souche dite française du virus, point de départ de nombreuses recherches en Europe et en Amérique. M. Laigret a pu ultérieurement, d'abord avec M. Sellards, puis seul, consacrer ses efforts à la préparation d'un vaccin en partant du virus amarile neutotrope de la souris, découvert en 1930 par M. Max Theiler. Notre regretté confrère Ch. Nicolle, témoin des efforts

déployés et qui y a lui-même participé, avait engagé son collaborateur à poser sa candidature au Prix Bréant. La Commission, en présence des résultats obtenus dans l'application de ce vaccin en Afrique Occidentale française, propose unanimement l'attribution du prix à M. **Laigret**.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX GODARD.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, A. Lacroix, E. Branly, E. Leclainche, F. Mesnil, H. Vincent, Ch. Achard, L. Lapicque, A. Gosset, J.-L. Faure, P. Portier; M. Caullery, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Pierre Feyel**, docteur ès sciences, boursier de recherches à la Caisse nationale des sciences, pour son ouvrage intitulé : *Le tube urinaire dans la série animale*.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX MÈGE.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, A. Lacroix, Éd. Branly, E. Leclainche, H. Vincent, Ch. Achard, L. Lapicque, A. Gosset, J.-L. Faure, P. Portier; F. Mesnil, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Joseph Magrou**, chef de service à l'Institut Pasteur, pour son ouvrage intitulé : *L'œuvre scientifique de Maurice Nicolle*.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX BELLION.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, A. Lacroix, Éd. Branly, E. Leclainche, F. Mesnil, Ch. Achard, L. Lapicque, A. Gosset, J.-L. Faure, P. Portier; H. Vincent, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Marcel Belin**, directeur de l'Institut bactériologique de Tours, pour son ouvrage intitulé : *Coquillages et fièvres typhoïdes*.

L'auteur a rassemblé une abondante documentation sur le rôle des coquillages dans l'étiologie de cette infection. Il pousse un cri d'alarme sur le danger bien connu de ces aliments consommés crus et analyse les divers facteurs de contamination des coquillages par les matières fécales, les eaux d'égout, etc., sur place et chez les détaillants. Il étudie les modes d'épuration, rappelle les décrets et règlements concernant l'élevage, la pêche et la vente des mollusques et propose de nouvelles mesures prophylactiques et administratives concernant ce dangereux et fréquent mode d'infection.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX DU BARON LARREY.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, A. Lacroix, Éd. Branly, E. Leclainche, F. Mesnil, Ch. Achard, L. Lapicque, A. Gosset, J.-L. Faure, P. Portier ; H. Vincent, rapporteur.)

La Commission propose de donner le prix à M. **Pierre Oudard**, médecin général de 1[re] classe à la Direction centrale du Service de Santé au Ministère de la Marine, pour son important ouvrage intitulé : *Organisation et fonctionnement du Service de Santé de la Marine à la mer, en temps de guerre.*

L'ensemble des Mémoires de M. P. Oudard sur le Service de Santé de la Marine pendant le combat, au Continent et dans les Colonies, est inspiré par une grande expérience personnelle. Il est l'œuvre mûrie d'un esprit original et novateur qui, par ailleurs, jouit d'une grande et justifiée réputation chirurgicale.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDS CHARLES BOUCHARD.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, A. Lacroix, Éd. Branly, E. Leclainche, F. Mesnil, H. Vincent, Ch. Achard, L. Lapicque, J.-L. Faure, P. Portier ; A. Gosset, rapporteur.)

La Commission propose de décerner un prix de 2500[fr] à M. **Mario Lebel**, ancien interne des hôpitaux, chef de clinique chirurgicale à la Faculté de médecine de Paris, pour son ouvrage intitulé : *Les traumatismes du foie. Traitement et pronostic.*

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX JEAN DAGNAN-BOUVERET.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, A. Lacroix, Éd. Branly, E. Leclainche, H. Vincent, Ch. Achard, L. Lapicque, A. Gosset, J.-L. Faure; F. Mesnil, rapporteur.)

La Commission, à l'unanimité, propose d'attribuer ce prix, le plus important dont elle dispose, à M. **Claudius Regaud**, professeur à l'Institut Pasteur, directeur du Laboratoire de Radiophysiologie de l'Université de Paris et des Services de la Fondation Curie, pour l'ensemble de ses recherches d'Histophysiologie et de Radiophysiologie normales et pathologiques.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

CANCER ET TUBERCULOSE.

FONDATION ROY-VAUCOULOUX.

(Commissaires : MM. F. Mesnil, M. Caullery, Ch. Achard, L. Lapicque, A. Gosset, J.-L. Faure; H. Vincent, rapporteur.)

La Commission propose de décerner un prix à M. **Léon Velluz**, professeur agrégé au Val-de-Grâce, docteur ès sciences, pour ses essais de cancérisation expérimentale à l'aide de carbures polycycliques.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX LOUISE DARRACQ.

(Commissaires : MM. F. Mesnil, H. Vincent, M. Caullery, Ch. Achard, L. Lapicque, J. L. Faure; A. Gosset, rapporteur.)

La Commission propose de décerner un prix de 6000fr à MM. **Charles Oberling**, agrégé pérennisé à la Faculté de médecine de Paris, et **Maurice**

Guérin, assistant à l'Institut du cancer de cette Faculté, pour leurs travaux sur la production de tumeurs avec l'agent de la leucémie transmissible des poules.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX EUGÈNE ET AMÉLIE DUPUIS.

(Commissaires : MM. H. Vincent, M. Caullery, Ch. Achard, L. Lapicque, A. Gosset, J.-L. Faure; F. Mesnil, rapporteur.)

La Commission propose d'accorder ce prix, qui est décerné pour la première fois, à M. **Ernest Coulaud**, chef de laboratoire à l'hôpital Laënnec, pour l'ensemble de ses recherches sur la tuberculose : antagonisme entre le goître et la tuberculose; tuberculose du lapin (tuberculose spontanée; modalités diverses de la tuberculose expérimentale; action des doses massives de BCG); allergie *durable* obtenue avec des bacilles tuberculeux morts et enrobés dans la paraffine.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PHYSIOLOGIE.

PRIX MONTYON.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, F. Mesnil, Ch. Gravier, H. Vincent, M. Molliard, M. Caullery; L. Lapicque, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Georges Vanhems**, docteur ès sciences physiques, pharmacien capitaine, pour l'ensemble de ses travaux sur la *Biochimie du potassium*.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX L. LA CAZE.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, F. Mesnil, Ch. Gravier, H. Vincent, M. Molliard, M. Caullery; L. Lapicque, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Charles Dhéré**, professeur à la Faculté des sciences de l'Université de Fribourg (Suisse), pour son œuvre physiologique, particulièrement pour ses travaux sur la spectrographie des matières biologiques (absorption dans l'ultraviolet et fluorescence), domaine dans lequel il s'est acquis une autorité mondiale.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX POURAT.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, F. Mesnil, Ch. Gravier, H. Vincent, M. Caullery, L. Lapicque; M. Molliard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Roger Gautheret**, docteur ès sciences, chargé de conférences à l'École des Hautes Études, pour sa thèse intitulée : *Recherches sur la culture des végétaux. Essais de culture de quelques tissus méristématiques*.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX MARTIN-DAMOURETTE.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, Ch. Gravier, H. Vincent, M. Molliard, M. Caullery, L. Lapicque; F. Mesnil, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Daniel Bovet**, assistant au Laboratoire de chimie thérapeutique à l'Institut Pasteur, pour ses recherches pharmacologiques sur les sympathicolytiques de synthèse, en particulier sur les dérivés de l'aminométhylbenzodioxane.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

STATISTIQUE.

PRIX MONTYON.

(Commissaires : MM. Ém. Picard, L. Lecornu, M. d'Ocagne, H. Lebesgue, J. Drach, Ch. Maurain; Ém. Borel, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Michel Huber**, directeur de la Statistique générale de la France, pour l'ensemble de ses travaux de Statistique.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

HISTOIRE ET PHILOSOPHIE DES SCIENCES.

PRIX BINOUX.

(Commissaires : MM. Ém. Picard, L. Bouvier, L. de Launay, Ém. Borel, L. de Broglie; M. Caullery, M. d'Ocagne, rapporteurs.)

La Commission propose de décerner un prix de 2000^{fr} à M. **Paul Nève de Mévergnies**, professeur à l'Université de Liége, pour son ouvrage intitulé : *Jean-Baptiste van Helmont, philosophe par le feu*.

Un prix de 1500^{fr} à M. **Charles Cabanes**, ancien élève de l'École polytechnique, chef du service technique de la Société des condenseurs Delas, pour son ouvrage intitulé : *Denys Papin*.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

OUVRAGES DE SCIENCES.

PRIX HENRI DE PARVILLE.

(Commissaires : MM. J. Perrin, E. Leclainche, Ém. Borel, Ch. Gravier, P. Janet; Ém. Picard, A. Lacroix, rapporteurs.)

La Commission propose de décerner :

Un prix de 3000fr à M. **Georges Bruhat**, professeur à la Faculté des sciences de Paris, directeur-adjoint de l'École normale supérieure, pour ses *Cours de Thermodynamique, d'Électricité, d'Optique et de Mécanique physique;*

Un prix de 2000fr à M. **Guillaume Grandidier**, secrétaire général de la Société de Géographie, pour l'*Atlas des colonies françaises, protectorats et territoires sous mandat de la France*, publié sous sa direction, atlas d'une grande importance pour la connaissance à tous égards des diverses parties de la France d'outre-mer;

Un prix de 2000fr à M. **Pierre Gauja**, ingénieur des arts et manufactures, secrétaire-rédacteur de l'Académie des sciences, pour son étude intitulée : *L'Académie des sciences de l'Institut de France*, qui présente un vif intérêt pour l'histoire de l'Académie.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

MÉDAILLES.

MÉDAILLE BERTHELOT.

La médaille est décernée :

à M. **Paul de Graeve**, lauréat du prix Montyon des arts insalubres;
à M. **Paul Job**, lauréat du prix L. La Caze;
à M. **Maurice Rangier**, lauréat du prix Houzeau.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX GÉNÉRAUX.

PRIX FONDÉ PAR L'ÉTAT.

Grand Prix des Sciences mathématiques.

(Commissaires : MM. L. Lecornu, J. Hadamard, Éd. Goursat, Ém. Borel, H. Lebesgue, E. Cartan; Ém. Picard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Maurice Gevrey**, professeur à la Faculté des sciences de Dijon, pour ses travaux sur les équations aux dérivées partielles.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX BORDIN.

(Commissaires : MM. E. Bouvier, H. Douvillé, P.-A. Dangeard, H. Vincent, M. Caullery, M. Molliard; A. Lacroix, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Henri Termier**, pour ses importantes études géologiques sur le Maroc central et le Moyen-Atlas septentrional.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX LALLEMAND.

(Commissaires : MM. d'Arsonval, L. Bouvier, P. Marchal, F. Mesnil, Ch. Gravier, M. Caullery; A. Gosset, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Ivan Bertrand**, directeur à l'École pratique des Hautes Études, chef de laboratoire à la Salpêtrière, pour son ouvrage intitulé : *La micrographie en lumière infrarouge. Application à la cytologie rénale.*

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX VAILLANT.

(Commissaires : MM. Éd. Branly, Ém. Borel, M. d'Ocagne, H. Lebesgue, J. Perrin, A. Cotton; Ém. Picard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix au Père **Lejay**, correspondant de l'Académie, directeur de l'Observatoire de Zi-Ka-Wei, près Shanghaï, pour ses recherches sur les mesures de la pesanteur en Extrême-Orient.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX LE CONTE.

(Commissaires : MM. J. Perrin, E. Leclainche, Ém. Picard, A. Lacroix, L. Bouvier, P.-A. Dangeard, F. Mesnil, M. Caullery, E. Schribaux, A. Guilliermond; M. Molliard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à feu **Julien Costantin**, membre de l'Académie, professeur honoraire de botanique au Muséum national d'histoire naturelle, pour l'ensemble de son œuvre.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX JEAN REYNAUD.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, J.-L. Breton, Ém. Borel, M. Molliard, J. Perrin; Ém. Picard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Alfred Lacroix**, secrétaire perpétuel de l'Académie, professeur de minéralogie au Muséum national d'histoire naturelle, pour l'ensemble de son œuvre scientifique.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX DU BARON DE JOEST.

(Commissaires : MM. Ém. Picard, L. Lecornu, Ed. Goursat, Ém. Borel, H. Lebesgue, A. Caquot; M. d'Ocagne, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Paul Robert**, professeur au Lycée Louis-le-Grand, pour les travaux très remarquables qu'il a publiés sur la Géométrie anallagmatique prise en elle-même et considérée dans ses rapports avec la Géométrie projective.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX HOULLEVIGUE.

(Commissaires : MM. L. Bouvier, A. Lacroix, F. Mesnil, Ch. Gravier, G. Bertrand, L. Lapicque; M. Caullery, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Étienne Wolff**, assistant à la Faculté de médecine de Strasbourg, qui a réalisé, au cours des dernières années, un très important ensemble de recherches expérimentales sur le développement du Poulet et obtenu des résultats d'une grande portée générale, établis par une technique élégante avec une précision rigoureuse et interprétés avec sûreté et mesure.

Son point de départ a été d'obtenir la production expérimentale méthodique de monstruosités définies, reproduisant celles que l'on rencontre sporadiquement de façon spontanée (ce qui n'avait pas encore été réalisé) et

de fixer avec précision les facteurs qui les déterminent. Il s'est servi à cet effet d'irradiations par les rayons X localisés (grâce à des dispositifs spécialement imaginés) sur des surfaces extrêmement réduites et bien définies du germe, à des âges variés et avec des intensités graduées. Il a pu montrer ainsi, contrairement à ce qui avait été affirmé, que les diverses monstruosités naturelles relevaient purement et simplement de lésions ou d'anomalies de portions définies du germe à des phases données du développement. Il a plus spécialement étudié l'omphalocéphalie, l'otocéphalie, la cyclopie, surtout la symélie (dont il a considérablement étendu le domaine), et, d'une façon plus rapide, beaucoup d'autres monstruosités. Les méthodes employées et le mécanisme mis en lumière s'appliquent de toute évidence à l'ensemble des processus tératogéniques. Le travail principal de M. Wolff [*Les bases de la tératogénie expérimentale des Vertébrés amniotes, d'après les résultats des méthodes directes* (1)] marque une étape importante dans le progrès de la tératogenèse, en même temps d'ailleurs qu'une contribution de grande valeur à l'embryogénie expérimentale en général.

Une autre série de recherches de M. Wolff, se rattachant aussi à l'embryologie expérimentale (et faite en partie en collaboration avec M. A. Ginglinger), l'a conduit à des résultats non moins remarquables et décisifs : la production expérimentale méthodique de divers degrés d'intersexualité chez le Poulet, par l'action de doses définies d'hormones sexuelles (folliculine, androstérone, etc.), déposées, en solution huileuse, à la surface de l'allantoïde et absorbées progressivement par celle-ci. Ces résultats ont été obtenus en même temps que ceux de Mme V. Dantchakoff, mais d'une façon tout à fait indépendante. M. Wolff a montré une sagacité et une mesure remarquables dans l'interprétation des faits, dans la fixation des limites et de la stabilité des transformations constatées. Ses recherches, qui ont déjà donné lieu à la publication de deux Mémoires et de nombreuses notes, sont en plein développement et seront certainement encore très fécondes.

Les travaux précédents montrent donc, en M. Wolff un esprit original, un expérimentateur précis, un critique pénétrant, qui a su déjà dégager de ses recherches une ample moisson de résultats du plus haut intérêt; cela justifie de lui attribuer le prix Houllevigue.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

---

(1) *Archives d'Anatomie, d'Histologie et d'Embryologie*, 22, 1936, p. 1-382.

PRIX PARKIN.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, F. Mesnil, Ch. Gravier, H. Vincent, G. Bertrand, A. Desgrez, Ch. Achard ; L. Lapicque, rapporteur.)

La Commission propose de décerner :

Un prix de 2400fr à MM. **Jean-Jacques Bouckaert**, professeur à l'Université de Gand, et **Fernand Jourdan**, chef de travaux de physiologie de la Faculté de médecine de Lyon, pour leur travail sur la pharmacodynamie des vaisseaux cérébraux ;

Un encouragement de 1000fr à M. **Bernard Ménétrel**, ancien interne des Hôpitaux, assistant à l'Hôpital Beaujon, pour son ouvrage intitulé : *Le carbone activé intraveineux en thérapeutique. Essais cliniques et expérimentaux.*

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

PRIX SAINTOUR.

(Commissaires : MM. L. Bouvier, E. Marchal, P.-A. Dangeard, F. Mesnil, H. Vincent, M. Molliard ; A. Lacroix, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Robert Weill**, chef de travaux à la Faculté des sciences de Paris, pour son ouvrage intitulé : *Contribution à l'étude des Cnidaires et de leurs nématocystes.*

M. Weill poursuit depuis 10 ans des travaux sur les Cœlentérés et particulièrement sur leurs nématocystes ; il a fourni des données nouvelles sur leurs diverses formes, et a précisé leur origine, leurs migrations chez leur porteur, leur fonctionnement. Il a recueilli lui-même une partie de ses documents sur la côte pacifique des États-Unis et sur celles d'Indochine.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX LONCHAMPT.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, A. Lacroix, L. Mangin, E. Leclainche, F. Mesnil, G. Moussu; G. Bertrand, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Paul Meunier**, assistant à la Faculté des sciences de Paris, pour ses recherches sur l'aluminium chez les animaux.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX WILDE.

(Commissaires : MM. Ém. Picard, H. Deslandres, Ém. Borel, G. Bertrand, J. Perrin, E. Esclangon; A. Lacroix, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Georges Dupont**, agrégé de l'Université, professeur à la Faculté des sciences de Paris, pour l'ensemble de son œuvre chimique.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX CAMÉRÉ.

(Commissaires : MM. H. Le Chatelier, L. Lecornu, J.-L. Breton, P. Séjourné, J. Drach, Ém. Jouguet; M. d'Ocagne, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Lucien Chadenson**, ingénieur des Ponts et Chaussées à Lyon, pour ses travaux relatifs à l'art de construire et à l'hydraulique, en même temps que pour ses études mathématiques, fécondes en importantes applications à la physique théorique.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX GUSTAVE ROUX.

(Commissaires : MM. J. Perrin, E. Leclainche, Ém. Picard, R. Bourgeois, L. Bouvier; A. Lacroix, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix M. **Henri Erhart**, directeur de l'Institut pédologique du Bas-Rhin, chargé de conférences à l'Université de Nancy pour son ouvrage intitulé : *Traité de pédologie*.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX THORLET.

(Commissaires : M. J. Perrin, E. Leclainche, Ém. Picard, R. Bourgeois, L. Bouvier; A. Lacroix, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Paul Dorveaux**, docteur en médecine, bibliothécaire en chef honoraire de la Faculté de pharmacie.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX ALBERT Ier DE MONACO.

(Commissaires : MM. J. Perrin, E. Leclainche, Ém. Picard, A. Lacroix, H. Deslandres, R. Bourgeois, A. Cotton, E. Fichot, Ch. Fabry, Ch. Maurain; G. Perrier, rapporteur.)

C'est à la collaboration de M. **Fernand Holweck**, maître de recherches à la Caisse nationale de la recherche scientifique, maître de conférences adjoint à la Faculté des sciences de Paris, et du R. P. Pierre Lejay, directeur de l'Observatoire Zi-Ka-Wei près Shanghaï, qu'est due la création d'un appareil destiné à la détermination de l'intensité relative de la pesanteur, la *pendule élastique*, qui vient d'apporter dans ce genre d'observations une véritable révolution.

Dans cette création, chacun de ces deux savants a eu sa part :

le R. P. Lejay a eu l'idée de la méthode, en a poussé fort loin l'analyse

mathématique et ensuite, infatigable sur le terrain, a procédé lui-même à des multiples déterminations en France et en Extrême Orient.

M. Holweck a établi dans son laboratoire l'appareil dont la construction s'est heurtée à de nombreuses difficultés techniques. Il a créé successivement quatre types, dont chacun réalise sur le précédent d'importants perfectionnements. La pièce de l'appareil la plus délicate à construire est une lame dont l'élasticité doit être autant que possible indépendante de la température. L'*élinvar*, découvert et étudié par notre correspondant M. Ch.-Ed. Guillaume, a heureusement pu être employé.

Aujourd'hui appareil et méthode sont complètement au point.

Pour donner une idée des avantages que le géodésien peut retirer de l'invention de MM. Holweck et Lejay, il suffit de remarquer que depuis le début du XIX[e] siècle jusqu'à l'époque de la réalisation de leur appareil, à peine une cinquantaine de stations de gravité avaient été exécutées sur le territoire de la France métropolitaine et en Algérie. Ces déterminations, aussi bien absolues que relatives, poursuivies avec les anciens appareils de pendule, toujours lourds et compliqués, étaient fort coûteuses et nécessitaient un long séjour en chaque station. A moins de disposer d'un personnel et de crédits que nous ne saurions obtenir en France, il eût été impossible de les multiplier d'une manière suffisante pour suivre de près tous les problèmes que pose l'étude de la gravité : forme du géoïde, répartition et densités des matériaux de la croûte terrestre, etc.

Depuis qu'en 1932 l'appareil Holweck-Lejay est devenu d'un usage courant, plusieurs centaines de stations ont été exécutées en France, dans l'Afrique du Nord et en Extrême-Orient. Ces dernières, réparties en Chine, Indochine, Malaisie, etc., sont toutes dues à l'infatigable activité du R. P. Lejay.

Seul, l'appareil Holweck-Lejay permettra d'établir, dans des conditions inespérées de rapidité, de bon marché relatif et de précision, le Réseau gravimétrique, dont une Commission spéciale du Comité national français de Géodésie et Géophysique poursuit la réalisation en France, en Afrique du Nord et au Levant.

Plusieurs personnalités et Services étrangers ont déjà tiré de l'appareil Holweck-Lejay de très beaux résultats, par exemple notre correspondant, M. Nörlund, directeur de l'Institut géodésique du Danemark. Le *Coast and Geodetic Survey* des États-Unis vient d'acquérir un de ces appareils, avec lequel, sans aucun doute, il multipliera, dans des proportions consi-

dérables, les déterminations de gravité déjà fort nombreuses sur son territoire.

L'appareil Holweck-Lejay constitue donc une invention destinée à jeter sur la Géodésie française un lustre particulier.

M. Holweck n'avait encore été l'objet d'aucun témoignage d'estime scientifique en raison de sa participation à l'invention remarquable du Pendule élastique, tandis que le R. P. Lejay avait été élu récemment correspondant de l'Académie des sciences pour la Section de Géographie et Navigation. Aussi, lorsqu'il a été question de leur décerner en commun le Prix Albert Ier de Monaco, le R. P. Lejay a-t-il tenu à s'effacer devant son collaborateur, il en a exprimé formellement le désir.

En conséquence, la Commission du Prix Albert Ier de Monaco demande à l'Académie de vouloir bien décerner ce Prix à M. Holweck seul.

Nul doute que si M. **Holweck** était le bénéficiaire du Prix Albert Ier de Monaco, ce prix lui permettrait de poursuivre dans de meilleures conditions ses études sur les déterminations relatives de la gravité, d'étudier et de résoudre les nombreux problèmes que soulève l'emploi du Pendule élastique, par exemple l'influence du champ magnétique sur lame élastique d'élinvar, etc.

Nous insistons donc très vivement pour que ce savant reçoive l'importante récompense qu'il a méritée par ses beaux travaux.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX MARQUET.

(Commissaires : MM. Ém. Picard, H. Deslandres, L. Lecornu, Ém. Borel, E. Cartan, H. Villat; A. Cotton, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Gustave Ribaud**, professeur à la Faculté des sciences de Paris, pour ses recherches sur les hautes températures.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX ALEXANDRE DARRACQ.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, H. Le Chatelier, A. Béhal, G. Urbain, G. Bertrand, A. Desgrez, R. Fosse, R. Lespieau; André Blanchard, directeur du Service des Poudres, représentant du Ministère de la Guerre; M. Delépine, rapporteur.)

La question posée pour 1936 était ainsi formulée :

« *Recherches relatives à la découverte d'un procédé économique, permettant de fabriquer de l'acide sulfurique avec les matériaux existant sur le sol national. A défaut de la mise au point complète d'un procédé nouveau répondant au but poursuivi, l'Académie se réserve la possibilité d'attribuer sur les arrérages de cette fondation, des récompenses aux savants, industriels et inventeurs qui, par leurs travaux, auraient contribué à faciliter la solution du problème posé.* »

La Commission du prix a reçu plusieurs travaux se rapportant à la question de l'acide sulfurique; deux offraient, en certaines de leurs parties, un caractère nouveau, mais à coup sûr éloigné du caractère économique exigé; en tout cas, n'offrant aucun élément d'appréciation de leur valeur pratique. De sorte que la Commission n'a retenu, à son grand regret, aucun de ces travaux pour le prix Darracq.

Mais s'inspirant des conditions de la donation, elle a tourné son attention d'un autre côté. En effet, le prix Darracq est « *destiné à récompenser la découverte la plus remarquable dans la Science, les industries de la locomotion automobile, de l'aviation, des arts mécaniques, de la Chimie, en tant que ces inventions touchant à l'intérêt public soient susceptibles de contribuer à la défense de notre cher pays en aidant à assurer l'inviolabilité du sol sacré de la Patrie Française. Les candidats à ce prix devront être de nationalité française et choisis de préférence parmi ceux ne possédant pas de fortune* ».

Se plaçant sur le terrain de la chimie, des industries de la locomotion automobile, de l'aviation et de la défense du pays, la Commission a pris connaissance des efforts accomplis actuellement en France pour la production de l'essence au moyen de matériaux retirés du sol français.

Elle a ainsi eu à examiner les travaux de MM. **Étienne Audibert**, directeur de la Société nationale de recherches sur le traitement des combustibles, à Senlis; **Ferdinand Vallette**, ingénieur en chef des usines de la

Compagnie des Mines de Béthune, et **Francis Michot-Dupont**, ingénieur-chimiste à Chaalis.

Les deux premiers auteurs se sont occupés de la fabrication de l'essence par hydrogénation de la houille; le troisième, de l'utilisation des lignites pour l'obtention d'essence motrice, voire même des carbures benzéniques et du soufre.

Pour hydrogéner la houille, MM. Audibert et Vallette la soumettent, finement pulvérisée et empâtée avec de l'huile de houille à l'action de l'hydrogène, sous pression élevée et avec agitation, à une température de 450° environ. Le mélange ainsi traité donne des gaz combustibles, des hydrocarbures ayant les propriétés de l'essence pour moteurs d'automobiles, une huile moyenne ou légère et une huile lourde. La quantité de cette dernière peut-être réglée de façon à servir à l'empâtage de nouvelle houille, sans nouvel apport, de sorte que les gaz, l'essence et l'huile légère nous apparaissent bien comme résultant de l'hydrogénation de la houille. L'huile moyenne, hydrogénée en phase vapeur, donne principalement de l'essence qui vient se joindre à celle que l'on a récoltée de premier jet.

Nous passons sous silence les légères différences des deux procédés pour ne retenir que le degré de réalisation auquel on est parvenu.

En 1934, une usine d'essai construite sur les données de M. Vallette permettait déjà de traiter 5 tonnes de charbon par jour. A l'heure actuelle, la Compagnie de Béthune a construit une usine capable d'hydrogéner 50 tonnes de charbon par jour. Cette usine est en marche.

En ce moment, après une installation très réduite à Vendin, la Compagnie française des essences synthétiques de Liévin a édifié, selon les procédés Audibert, une usine également capable de traiter par jour 50 tonnes de charbon. Cette usine fonctionne.

Ainsi, ces deux savants ingénieurs ont réalisé la production de l'essence en ne consommant pas autre chose que de la houille et de l'hydrogène (qu'on peut fabriquer lui-même à partir de la houille). Nous serions donc en mesure de produire avec notre houille nationale, l'essence nécessaire aux avions et aux automobiles qui contribueraient à la défense du pays en temps de guerre. En outre, il est probable qu'avec certaines adaptations, l'essence pourrait être amenée à des taux de benzène et de toluène qui la rendraient utilisable pour la fabrication des explosifs.

Les lignites sont considérés jusqu'ici comme des combustibles de second ordre, si l'on peut dire. M. Michot-Dupont s'est ingénié à les utiliser pour

en tirer des combustibles liquides. Il a imaginé pour distiller les lignites un four spécial, qui consomme peu de calorique et, surtout, en ajoutant de l'acétate de calcium et du carbonate de sodium au lignite à distiller, il a fait l'heureuse constatation que les huiles formées s'enrichissaient en carbures benzéniques aux dépens des phénols que l'on obtient abondamment en l'absence de ces ingrédients. Ce qu'il appelle *méthylation* ou *carbonisation avec réaction*.

Par exemple, une tonne de lignite du Midi, fournit en matériaux distillant de 0 à 150°, 7 litres de liquide sans réactif et 30 litres avec réactif; de 180 à 250°, 27 litres sans réactif et 17 litres avec réactif; de 250° à la fin, 65 litres sans réactif et 60,5 litres avec réactif. L'accroissement des produits de tête au détriment de la fraction médiane 180-250° est indubitable lorsqu'on ajoute les réactifs de méthylation.

Ces produits de tête, à peine sulfurés, contiennent du premier coup du benzène, du toluène et du xylène qui seraient utilisables pour la fabrication de dérivés nitrés. En tout cas, ce seraient d'excellents améliorants antidétonants des essences de pétrole. Le soufre si abondant dans les lignites, est mobilisé dans le procédé de méthylation, de façon très importante sous forme d'hydrogène sulfuré. Ce soufre pourrait être récupéré comme dans le cas du gaz d'éclairage, par les masses d'épuration. On en aurait de 10 à 20^{kg} par tonne de lignite.

Les installations de Béthune et de Liévin, pas plus que celles qui fonctionnent en d'autres pays, ne produisent l'essence à un prix moindre que celui de l'essence tirée des pétroles; les auteurs ont certes mis en jeu des principes et des réactions déjà connus dans leur ensemble; mais la Commission a eu le plus vif désir de récompenser néanmoins du titre de lauréats du prix Darracq, M. Audibert et M. Vallette qui ont su mener à bonne fin leurs conceptions et réaliser une industrie qui met le pétrole national à notre portée en cas de besoin.

Elle désire également récompenser M. Michot-Dupont de son initiative de tirer du lignite, en les améliorant considérablement, des combustibles liquides qui trouveront eux aussi une utilisation importante pour le pays.

En conséquence, la Commission propose à l'Académie d'attribuer le titre de lauréats du prix Darracq à MM. **Audibert**, **Vallette** et **Michot-Dupont** en y joignant pour chacun une somme de 20000^{fr}.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

PRIX DES GRANDES ÉCOLES.

PRIX LAPLACE.

Le prix est décerné à M. **Robert Gachet**, né à Aïn-Beïda (Constantine), le 20 avril 1914, sorti premier de l'École polytechnique.

PRIX L.-E. RIVOT.

Le prix est partagé entre les quatre élèves dont les noms suivent, sortis en 1936, avec le n° 1 ou 2, de l'École polytechnique, dans les corps des mines et des ponts et chaussées :

M. **Robert Gachet**, entré premier à l'École des mines, reçoit 750fr.

M. **Paul Cusset**, entré second à l'École des mines, reçoit 500fr.

M. **Charles Mallet**, entré premier à l'École des ponts et chaussées, reçoit 750fr.

M. **Albert Jouvent**, entré second à l'École des ponts et chaussées, reçoit 500fr.

FONDS GÉNÉRAUX DE RECHERCHES SCIENTIFIQUES.

FONDATION TRÉMONT.

(Commissaires : MM. J. Perrin, E. Leclainche, Ém. Picard, A. Lacroix, R. Bourgeois, L. Bouvier.)

Les arrérages de la fondation ne sont pas attribués.

FONDATION GEGNER.

(Commissaires : MM. J. Perrin, E. Leclainche, A. Lacroix, R. Bourgeois, L. Bouvier; Ém. Picard, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer un prix à feu **Maurice Parat**, chef de travaux à la Faculté des sciences de Paris, mort dans le naufrage du *Pourquoi-Pas?*, pour ses travaux sur la physiologie de la cellule.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION JÉRÔME PONTI.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, L. Bouvier, P.-A. Dangeard, Ch. Gravier, M. Molliard, Ch. Jacob; A. Lacroix, rapporteur.)

La Commission propose de décerner un prix à M. **Henri Besairie**, docteur ès sciences, géologue au service des mines de Madagascar, pour ses travaux sur la géologie de la Grande Ile.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION HIRN.

(Commissaires : MM. J. Perrin, E. Leclainche, A. Lacroix, R. Bourgeois, L. Bouvier; Ém. Picard, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer un prix à M. **Albert Arnulf**, chef de travaux à l'Institut d'Optique, pour ses travaux d'optique appliquée, particulièrement sur les méthodes optiques de mesure et sur la vision dans les instruments.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION HENRI BECQUEREL.

(Commissaires : MM. E. Leclainche, Ém. Picard, A. Lacroix, R. Bourgeois, L. Bouvier; J. Perrin, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer un prix à M. **Carl Benedicks**, professeur-directeur à l'Institut métallographique de Stockholm, pour ses découvertes sur l'effet thermoélectrique homogène.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION LOUTREUIL.

(Membres du Conseil : MM. J. Perrin, Ém. Picard, R. Bourgeois, L. Bouvier, P. Janet; A. Lacroix, rapporteur.)

L'Académie a reçu 35 demandes. Après avis du Comité consultatif de la fondation, le Conseil a décidé d'accorder les 28 subventions qui vont être énumérées suivant leur nature.

I. *Recherches sur des questions déterminées.*

3000fr à M. **Pierre Auger**, docteur ès sciences, pour ses recherches de physique cosmique nécessitant un voyage d'étude au laboratoire du Jungfraujoch.

3000fr à M. **Abel Brion**, chef de travaux, agrégé de médecine à l'École nationale vétérinaire de Lyon, pour ses recherches sur la physiologie pathologique du rein chez les animaux.

2000fr à M. **Raymond Cahen**, pharmacien-chef de l'Hôpital de Nanterre, docteur ès sciences, pour ses recherches sur l'accoutumance à la morphine chez le Rat et le Lapin.

3000fr à M. **Claude Charmetant**, chef de travaux à la Faculté catholique des sciences de Lyon, pour ses recherches sur l'électrolyse des chlorures, bromures et iodures en milieu hydroalcoolique.

1000fr à M. **H. Girard**, chef de travaux d'anatomie pathologique à l'École nationale vétérinaire de Lyon, pour l'étude des groupes sanguins et la transfusion du sang chez les animaux.

3000fr à M. **Henri Laugier**, professeur de physiologie du travail, d'hygiène industrielle et d'orientation professionnelle au Conservatoire national des arts et métiers, pour ses recherches sur les réactions circulatoires à l'émotion.

2000fr à MM. **Gustave Lesbouyries**, professeur, et **Maurice Berthelon**, chef de travaux à l'École nationale vétérinaire d'Alfort, pour leurs recherches sur les hormones génitales des animaux.

2000fr à M. **Paul Marsais**, professeur de viticulture à l'Institut national agronomique, pour la continuation des études auxquelles s'était consacré M. Viala sur les maladies de la vigne et plus particulièrement sur le Mildiou et son traitement.

6000fr à M. **Louis Nattan-Larrier**, professeur au Collège de France, directeur du laboratoire de Protistologie pathologique, pour l'aider à continuer ses travaux sur les condition sérologique du développement des tissus normaux et des cancers.

3000fr à M. **Paul Nottin**, professeur de Technologie à l'Institut national agronomique, pour ses recherches sur l'action des impuretés de l'acide sulfurique du glover sur la fermentation alcoolique.

5000fr à l'**Observatoire de Besançon**, pour l'organisation d'un premier bureau français de réduction isostatique.

3000fr à M. **Maurice Pierre**, chef de travaux, agrégé de physiologie, à l'École nationale vétérinaire de Lyon, pour l'étude du nerf de Hering chez les animaux domestiques.

5000fr au P. **Antoine Poidebard**, pour ses recherches de photographie sous-marines à Tyr.

5000fr à M. **Émile Roubaud**, professeur à l'Institut Pasteur, pour ses recherches sur le Criquet pèlerin.

2000fr à M. **Henri Simonnet**, professeur agrégé à l'École nationale vétérinaire d'Alfort, pour ses recherches chimiques et physiologiques sur le sort de la morphine dans l'organisme animal.

Recherches à effectuer dans la France d'outre-mer et les pays sous mandat français.

4000fr à M. **Charles Alluaud**, explorateur, correspondant de l'Académie des sciences coloniales, pour ses recherches zoologiques dans le Sahara.

5000^{fr} à M. **Jean Gruvel**, professeur au Muséum national d'histoire naturelle, comme contribution à une mission en Indochine, ayant pour objet l'étude de la faune ichtyologique.

II. *Achat de matériel de laboratoire.*

3000^{fr} à M. **Émile André**, pharmacien des Hôpitaux de la Ville de Paris, pour contribuer à l'achat d'un polarimètre destiné à la détermination des pouvoirs rotatoires en fonction de la longueur d'onde.

3500^{fr} à M. **Henri Lafuma**, professeur de céramique et verrerie au Conservatoire national des arts et métiers, pour l'achat d'une machine d'essais des produits réfractaires.

3500^{fr} à M. **Marcel Véron**, professeur de chauffage industriel au Conservatoire national des arts et métiers, pour l'achat d'un spectrobolomètre.

III. *Publications.*

8000^{fr} au **Comité de Physique du Globe des Colonies**, pour la publication des *Annales de Physique du Globe de la France d'outre-mer*.

5000^{fr} à la **Fédération française des Sociétés de sciences naturelles**, pour la publication de la *Faune de France*.

5000^{fr} à M. **André Guillaumin**, professeur au Muséum national d'histoire naturelle, pour l'aider à publier un nouveau guide aux collections des plantes vivantes du Jardin des plantes.

3000^{fr} à Mme **Louise Nouvel**, docteur ès sciences naturelles, pour la publication d'un ouvrage consacré à la biologie des Crustacés *Natantia*.

IV. *Subventions à des bibliothèques.*

5000^{fr} à l'**École nationale vétérinaire d'Alfort**, pour l'achèvement du catalogue sur fiches de sa bibliothèque et le complétement de collections de périodiques étrangers.

6000^{fr} à l'**École nationale vétérinaire de Toulouse**, pour le complétement de ses collections.

6000^{fr} à l'**École polytechnique**, pour l'achat de publications scientifiques.

6000^{fr} à l'**Institut national agronomique**, pour le complétement des collections de périodiques étrangers.

L'ensemble des subventions accordées s'élève à la somme de 111000fr. Nous en donnons la récapitulation dans le tableau suivant :

1° *Recherches sur des questions déterminées :*

M. Pierre Auger	3000fr	48000
M. Abel Brion	3000	
M. Raymond Cahen	2000	
M. Claude Charmetant	3000	
M. H. Girard	1000	
M. Henri Laugier	3000	
MM. Gustave Lesbouyries et Maurice Berthelon	2000	
M. Paul Marsais	2000	
M. Louis Nattan-Larrier	6000	
M. Paul Nottin	3000	
Observatoire de Besançon	5000	
M. Maurice Pierre	3000	
Père Antoine Poidebard	5000	
M. Émile Roubaud	5000	
M. Henri Simonnet	2000	

Recherches à effectuer dans la France d'outre-mer et les pays de protectorat :

M. Charles Alluaud	4000	9000
M. Jean Gruvel	5000	

2° *Achat de matériel de laboratoire :*

M. Emile André	3000	10000
M. Henri Lafuma	3500	
M. Marcel Véron	3500	

3° *Publications :*

Comité de Physique du Globe des Colonies	8000	21000
Fédération française des sociétés de sciences naturelles	5000	
M. André Guillaumin	5000	
Mme Louise Nouvel	3000	

4° *Bibliothèques :*

École nationale vétérinaire d'Alfort	5000	23000
École nationale vétérinaire de Toulouse	6000	
École polytechnique	6000	
Institut national agronomique	6000	
Total		111000

FONDATION Mme VICTOR-NOURY.

(Commissaires : MM. J. Perrin, E. Leclainche, Ém. Picard, R. Bourgeois, L. Bouvier; A. Lacroix, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer :

— Un prix de 2500fr à M. **René Bourret**, docteur ès sciences naturelles, professeur à l'Université d'Hanoï, pour son ouvrage intitulé : *Les Serpents de l'Indochine;*

— Un prix de 2500fr à Mme **Élisabeth Jérémine**, chargée de recherches à la Caisse nationale des sciences, pour ses travaux de pétrographie, attachée au Muséum national d'histoire naturelle;

— Un prix de 2000fr à MM. **Robert Didier**, chirurgien à l'hôpital Péan, et **Paul Rode**, assistant au Muséum national d'histoire naturelle, pour leur ouvrage intitulé : *Les Mammifères de France;*

— Un prix de 2000fr à M. **Jules Guiart**, professeur à la Faculté de médecine et de pharmacie de Lyon, correspondant de l'Académie de médecine, pour son ouvrage intitulé : *Cestodes parasites provenant des campagnes de S. A. S. le prince Albert de Monaco* (1886-1913);

— Un prix de 2000fr à M. **Jacques Pochon**, assistant à l'Institut Pasteur, pour son ouvrage intitulé : *Rôle d'une bactérie cellulolytique de la panse dans la digestion de la cellulose chez les Ruminants ;*

— Un prix de 2000fr à M. **Henri Stehlé**, directeur du jardin d'essais de Pointe-à-Pitre, pour le début de sa *Flore de la Guadeloupe et dépendances;*

— Un prix de 2000fr à M. **André Thomas**, chef de laboratoire à l'Institut du radium de l'Université de Paris, pour ses travaux de cytologie expérimentale;

— Un prix de 2000fr à M. **Voldemar Vilter**, licencié ès sciences, boursier de la Caisse nationale des sciences, pour son ouvrage intitulé : *La formation de la plume et son mécanisme histologique ;*

— Une subvention de 2000fr à Mme **Élisabeth Sylvain-David**, licenciée ès sciences, pour la publication d'un mémoire sur les Foraminifères.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

FONDATION PIERRE LAFITTE.

(Commissaires : MM. Ém. Picard, Éd. Branly, P. Janet, M. Brillouin, J. Perrin, A. Cotton; Ch. Fabry, rapporteur.)

La Commission propose de décerner un prix à M. **Robert Bureau**, sous-directeur de l'Office national météorologique, pour ses recherches sur l'origine des perturbations atmosphériques en télégraphie sans fil et sur l'emploi des ondes électromagnétiques dans l'enregistrement des observations faites en ballons-sondes.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION MILLET-RONSSIN.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, L. Cayeux, A. Guilliermond, P. Marchal; Ch. Jacob, P.-A. Dangeard, F. Mesnil, rapporteurs.)

La Commission propose d'attribuer les subventions suivantes :

4000fr à M. **René Herpin**, professeur à l'Institut Saint-Paul de Cherbourg, pour l'aménagement de son laboratoire particulier de zoologie marine;

3000fr à M. **Fernand Obaton**, assistant de botanique à la Faculté des sciences de Paris, pour favoriser ses études cinématographiques des mouvements des végétaux et l'organisation d'un centre de recherches de cette nature à la Sorbone;

3000fr à M. **Nicolas Théobald**, agrégé des sciences naturelles, professeur au Lycée Henri Poincaré à Nancy, pour ses travaux sur les insectes fossiles.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

FONDATION VILLEMOT.

(Commissaires : MM. J. Perrin, E. Leclainche, A. Lacroix, G. Julia, J. Drach, H. Deslandres, E. Fichot, A. Béhal, L. Cayeux, P.-A. Dangeard, L. Bouvier, A. d'Arsonval, P. Janet, P. Sabatier, R. Esnault-Pelterie; Ém. Picard, rapporteur.)

La Commission propose l'attribution des subventions suivantes :

40000fr à M. **Aimé Cotton**, membre de l'Académie, professeur à la Faculté des sciences de Paris, pour les recherches poursuivies à Bellevue sous sa direction, à l'aide du grand électro-aimant de l'Académie.

10000fr à M. **Pierre-Augustin Dangeard**, membre de l'Académie, professeur honoraire à la Faculté des sciences de Paris, pour ses études botaniques.

12000fr à M. **Roger Heim**, ingénieur des arts et manufactures, sous-directeur du laboratoire de cryptogamie du Muséum national d'histoire naturelle, pour l'étude de matériaux cryptogamiques recueillis par lui à Madagascar et la publication de ses résultats.

5000fr à M. **Gaston Julia**, membre de l'Académie, professeur à la Faculté des sciences de Paris, pour le Cercle mathématique qu'il réunit à l'Institut Henri Poincaré, pour l'étude de questions mathématiques à l'ordre du jour, notamment en topologie et dans la théorie des groupes.

10000fr au **Laboratoire central d'électricité**, pour l'achat d'appareils destinés aux recherches sur la détermination de l'ohm en valeur absolue avec une haute précision.

10000fr à M. **Raoul Lecoq**, directeur du laboratoire de l'Hôpital de Saint-Germain-en-Laye, pour ses travaux sur l'étude des vitamines dans les déséquilibres alimentaires.

10000fr au Père **Lejay**, correspondant de l'Académie, directeur de l'Observatoire de Zi-Ka-Wei, pour permettre à cet observatoire de participer à la surveillance continue de l'évolution des phénomènes solaires, organisée sur l'initiative de l'Union astronomique internationale.

6000fr à M. **Pierre Lesage**, professeur honoraire à la Faculté des sciences de Rennes, pour ses recherches sur l'hérédité chez les plantes du caractère physiologique acquis : la précocité.

30 000fr à M. **Bernard Lyot**, astronome à l'Observatoire de Meudon, pour ses études sur la couronne solaire.

20 000fr à M. **Charles Mauguin**, professeur de minéralogie à la Faculté des sciences de Paris, pour l'acquisition d'appareils destinés à l'analyse des structures cristallines des minéraux.

10 000fr à M. **Jean Piveteau**, chef de travaux de paléontologie à l'École nationale supérieure des mines, pour la reprise de fouilles dans le célèbre gisement de mammifères tertiaires de Perrier, près Issoire.

12 000fr à M. **Hyacinthe Vincent**, membre de l'Académie, professeur honoraire au Collège de France, pour ses travaux relatifs à l'étiologie et à la pathogénie de certaines maladies infectieuses.

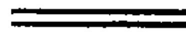
L'Académie adopte les propositions de la Commission.

FONDATION CHARLES FRÉMONT.

(Commissaires : MM. J. Perrin, E. Leclainche, Ém. Picard, R. Bourgeois, L. Bouvier; A. Lacroix, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Jean Feytaud**, professeur à la Faculté des sciences de Bordeaux, directeur de la Station entomologique du Sud-Ouest, pour ses recherches sur les insectes nuisibles, notamment les Termites, le Doryphore, les ravageurs de la vigne, et pour l'organisation de la défense des cultures contre ces ennemis.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.



FONDATIONS SPÉCIALES.

FONDATION LANNELONGUE.

(Commissaires : MM. J. Perrin, E. Leclainche, Ém. Picard, R. Bourgeois, L. Bouvier; A. Lacroix, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer les arrérages de la fondation à Mme **Gabriel Cusco.**

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX HÉLENE HELBRONNER-FOULD.

(Commissaires : MM. J. Perrin, E. Leclainche, Ém. Picard, A. Lacroix, A. Blondel, P. Janet, J.-L. Breton, M. d'Ocagne, M. de Broglie, P. Séjourné, J. Charcot, P. Helbronner, A. de Gramont; A. Desgrez, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à Mme **Marie Phisalix**, docteur en médecine, qui, depuis la mort de son mari, survenue en 1906, a continué bénévolement, au Muséum national d'Histoire Naturelle, l'œuvre projetée en commun sur la fonction venimeuse tout entière et son importance biologique et thérapeutique.

Mme Phisalix a donné en 1922 une importante mise au point de la question sous forme d'un ouvrage intitulé : *Animaux venimeux et venin*, qui renferme les travaux du Dr Phisalix, les siens et ceux des chercheurs qui avaient jusque-là donné des études fragmentaires de la question.

Depuis 1906, Mme Phisalix a continué, seule, ses travaux personnels sur le pouvoir vaccinant multiple des venins, leurs rapports entre eux et avec les infections microbiennes, de même qu'avec le virus rabique; sur les agents modificateurs des venins et antivenins tels que les radiations, enfin sur les applications thérapeutiques des venins. Sur toutes ces questions

d'importance capitale, Mme **Phisalix** a fait de nombreuses publications parues, en majeure partie dans les *Comptes rendus de l'Académie des sciences*. Nous en résumons les faits essentiels :

I. *Vaccination multivalente au moyen d'un même venin.* Exemple, le venin de Vipère. Ce venin vaccine non seulement les animaux contre sa propre action, mais encore contre le venin cutané muqueux des Batraciens, le venin d'Abeille et autres Hyménoptères et les sérums toxiques de Hérisson, de Lérot et d'Anguille qui sont aussi des venins. Cette action est réciproque : les sujets vaccinés avec le venin d'Abeilles, ou ayant reçu des piqûres multiples, résistent à l'action du venin de Vipère.

II. *Les rapports entre les venins et les toxines microbiennes.* Les microbes cultivés dans un milieu renfermant du venin perdent peu à peu leur végétabilité. Il en est de même lorsqu'ils sont inoculés aux animaux venimeux dont le sérum est toxique pour eux. Quelques microbes très virulents (Paratyphique, Pasteurella, Charbon) mettent toutefois un temps assez long à succomber *in vitro*.

III. *Les rapports des venins avec le virus rabique sont des plus intéressants.* Les animaux venimeux et à sang venimeux (serpents, anguilles, hérissons) sont réfractaires à la rage : le virus rabique mélangé avec leur venin ou leur sang est tué rapidement. Ce qu'il y a de plus important dans l'interaction, c'est que tous les composants conservent leurs pouvoirs vaccinants respectifs qui, ainsi, s'ajoutent de telle sorte que venin de Vipère ou de Batraciens, mélange du virus rabique avec le venin ou le sérum venimeux, constituent des vaccins très actifs, qui protègent le lapin contre l'épreuve mortelle du virus.

Ainsi, les venins du sang des animaux venimeux sont, plus que tous les autres, extincteurs des infections et de la rage.

IV. *L'action des diverses radiations sur les venins et antivenins* détruit, en peu de temps, les deux grandes catégories de composants actifs des venins : ce sont les antigènes qui sont définitivement détruits les premiers sous l'action des rayons ultraviolets et des ondes courtes. Les sérums antivenimeux et les substances antivenimeuses comme la bile et la cholestérine sont inactivées.

Les radiations ne sont donc pas aptes à transformer en vaccins les venins; elles doivent de plus être évitées dans l'état d'envenimation, puisque leur effet, bien que mitigé *in vivo*, tend néanmoins à détruire nos

moyens naturels de défense contre le venin, représentés par la bile et ses constituants.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION GIRBAL-BARAL.

(Commissaires : MM. Perrin, Leclainche, A. Lacroix, Bourgeois, Bouvier; Ém. Picard, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer deux allocations de 10000fr :

à Mlle **Yvette Cauchois**, chargée de recherches à la Caisse Nationale des sciences, pour ses études sur *la spectrographie des rayons X*;

à M. **Roger Gautheret**, chargé de conférences à l'École pratique des Hautes Études à la Faculté des Sciences de Paris, pour ses études sur *la culture des tissus végétaux*.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

LECTURE.

M. **Alfred Lacroix**, Secrétaire perpétuel, lit une *Notice historique sur les cinq de Jussieu, membres de l'Académie des Sciences* (1712-1853), *leur rôle d'animateurs des recherches d'histoire naturelle dans les colonies françaises, leurs principaux correspondants.*

A. Lx et É. P.



TABLEAU DES PRIX ET SUBVENTIONS ATTRIBUÉS.

ANNÉE 1936.

MINÉRALOGIE ET GÉOLOGIE.

BOTANIQUE.

ÉCONOMIE RURALE.

ANATOMIE ET ZOOLOGIE.

MÉDECINE ET CHIRURGIE.

CANCER ET TUBERCULOSE.

PHYSIOLOGIE.

STATISTIQUE.

HISTOIRE ET PHILOSOPHIE DES SCIENCES.

OUVRAGES DE SCIENCES.

FONDATIONS SPÉCIALES.



BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de novembre 1936. (*Suite et fin.*)

Faune du centre africain français (*Mammifères et Oiseaux*), par René Malbrant, in *Encyclopédie biologique*, XV. Paris, Paul Lechevalier, 1936; 1 vol. 25cm. (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

Les Mammifères sauvages du Cameroun, par A. Jeannin, in *Encyclopédie biologique*, XVI. Paris, Paul Lechevalier, 1936; 1 vol. 25cm. (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

Analogies entre la théorie des équations différentielles linéaires et la théorie des équations algébriques, par Émile Picard. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1936; 1 fasc. 25cm, 5.

Les Chênes, monographie du genre *Quercus*, par A. Camus, in *Encyclopédie économique de Sylviculture*, VII. *Atlas*, t. II, pl. 79 à 236 et XXXI à LVIII. Paris, Paul Lechevalier, 1935-1936; 1 vol. et 184 pl. 40cm.

Das Liebenskraft-Heilverfahren, par G.-H.-A. Holzheimer. K. et H. Hoermann, 1936; 1 vol. 21cm, 5.

L'expérience barométrique, *ses antécédents et ses explications*, par C. de Waard. Thouars, Imprimerie Nouvelle, 1936; 1 vol. 25cm. (Présenté par M. Émile Picard.)

L'avenir de l'industrie minière au Canada, par l'honorable T. A. Crerar. Ottava, J.-O. Patenaude, O. S. I., 1936; 1 vol. 25cm.

La faune de la France illustrée, en tableaux synoptiques illustrés, par Rémy Perrier, t. I, a. Paris, Delagrave, 1936; 1 vol. 21cm.

Pyrénées, tome I : *Courses et ascensions;* tome II : *Science et Art*, par Franz Schrader, Toulouse, Édouard Privat, et Paris, Henri Didier, 1936; 2 vol. 24cm.

Rapport sur les travaux exécutés du 1er *août* 1914 *au* 31 *décembre* 1919, *historique du Service géographique de l'armée pendant la guerre*. Paris, Imprimerie du Service géographique de l'Armée, 1936; 1 vol. 26cm. (Présenté par le général Perrier.)

Cours élémentaire de télégraphie et téléphonie sans fil, par F. Bedeau. Paris, Vuibert, 1937; 1 vol. 25cm.

Congrès international des Mines, *de la Métallurgie et de la Géologie appliquée* : *Compte rendu*, VIIe Session. Paris, 1, rue Montgolfier, 1936; 1 vol. 22cm.

Congrès international des Mines, *de la Métallurgie et de la Géologie appliquée* : *Section de géologie appliquée*, VIIe session. Paris, 13, rue de Bourgogne, 1936; 2 vol. 27cm.

Congrès international des Mines, de la Métallurgie et de la Géologie appliquée : Section de Métallurgie, VIIe session. Paris, *La Revue de Métallurgie*, 1936; 2 vol. 28^{cm}.

Congrès international des Mines, de la Métallurgie et de la Géologie appliquée : Section des Mines, VIIe session. Saint-Étienne, Société de l'industrie minérale, 1936; 2 vol. 28^{cm},5.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 28 DÉCEMBRE 1936.

PRÉSIDENCE DE M. EMMANUEL LECLAINCHE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **MINISTRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE** adresse ampliation du décret, en date du 14 décembre 1936, qui porte approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **MAURICE JAVILLIER**, pour occuper dans la Section d'Économie rurale le place vacante par le décès de M. *P. Viala*.

Il est donné lecture de ce décret.

Sur l'invitation de M. le Président, M. **MAURICE JAVILLIER** prend place parmi ses Confrères.

M. le **PRÉSIDENT** souhaite la bienvenue à M. **THOMAS GREENWOOD**, professeur de l'Université de Londres, qui assiste à la séance.

GÉNÉTIQUE. — *Sur une variété nouvelle, à grains de teinte acajou, du* Zea Mays *forme* polysperma. Note de M. **LOUIS BLARINGHEM**.

La forme de *Zea Mays* à ovaires multiples, fixée dans son état instable depuis 1911, est une variation monstrueuse obtenue en 1903 par traumatisme à partir de la race commune *Zea Mays pensylvanica* Bonafous à ovaires simples donnant des grains jaunes ronds [1]. Sur les épis courts, plus ou moins étalés ou tordus, apparaissent en nombre variable des caryopses doubles, parfois triples; les embryons sont opposés et indépendants, l'albumen est commun. Cette anomalie est tout à fait exceptionnelle

---

[1] *Comptes rendus*, **170**, 1920, p. 677.

dans la famille des Graminées; on en a cité quelques cas chez le Riz, le Seigle, le Blé, l'Orge, plantes cultivées sur une grande échelle dont les grains sont triés, ce qui trahit leur présence; les auteurs américains ne l'ont pas notée chez le Maïs malgré le grand nombre d'observations faites sur cette plante; pour les autres céréales l'hérédité de l'anomalie est sporadique, irrégulière. Dans mes cultures des monstruosités du Maïs, de 1903 à 1910, la présence de caryopses doubles fut très rare, moins de 1 cas sur 10000. La découverte en 1911 d'une corrélation étroite entre la présence des grains doubles sur les épis et celle d'épillets monstrueux sur les panicules mâles des mêmes plantes permit la ségrégation avant l'ouverture des anthères; en cinq générations, par l'entrecroisement des éléments mâles et femelles portés par les ascendants anormaux, j'ai obtenu (1919) jusqu'à 95 pour 100 de caryopses multiples sur certains épis.

Il s'agit bien de l'hérédité *eversporting* de Hugo de Vries, définie à propos des fasciations, qui régit le comportement de la Cardère tordue, du Trèfle à cinq folioles, du Plantain à épis dissociés, du Chrysanthème des moissons à fleurs semi-doubles; dans ce dernier cas un isolement sévère et prolongé a permis d'obtenir la race à fleurs pleines. De même, de 1919 à 1923, j'ai réussi à fixer les caractères singuliers du *Zea Mays* forme *polysperma* à grains jaunes [1]; jusqu'ici, malgré des efforts continus, j'ai échoué avec les Pavots vivaces à étamines métamorphosées en carpelles, dont j'obtiens chaque année des représentants, avec la Cardamine à fleurs prolifères, et l'échec est dû à l'autostérilité de ces espèces. L'autostérilité n'est pas absolue et elle est à retardement chez le Maïs, d'où succès partiel.

Les lignées indéfiniment autofécondes de Maïs n'existent pas; à la troisième, à la cinquième génération autofécondée, les épis femelles se forment mal, les panicules portent des épillets mâles stériles. Il faut donc avoir soin, tous les deux ans, de combiner des souches distinctes; il faut aussi reconnaître les traces de ce mélange renouvelé, opérations contradictoires lorsqu'il s'agit non pas d'obtenir les Maïs les plus productifs mais ceux qui conservent ou accentuent cette pléthore de la production des fleurs dont le terme extrême est le *Maïs à épis choux-fleurs*, complètement stérile.

Dans mes cultures, depuis 1920, j'ai réalisé, de deux en deux ans, l'entrecroisement répété de la forme *polysperma* à grains jaunes et d'une variété instable, elle aussi, dérivée du même *Z. M. pensylvanica*, dont les albu-

---

(1) *Ann. Sc. nat. Bot.*, 10e série, 6, p. 289-328.

mens jaunes sont enveloppés dans un ovaire de teinte acajou ([1]); entre quatre lignes de 50 plantes de Maïs jaune, j'intercale une ligne de Maïs à grains acajou, opération qui limite la dégénérescence de mes souches. Or, jusqu'en 1935 et malgré l'importance des lots cultivés simultanément à la Station Berthelot à Bellevue (Seine-et-Oise) et à l'Arboretum G. Allard à Angers (Maine-et-Loire) portant chaque année sur plus de 1000 plantes, je n'ai obtenu qu'exceptionnellement des grains doubles à enveloppe acajou; au total, d'après les relevés, 5 épis ont donné 11 grains doubles et 1 triple sur 1. 200 épis environ, tous examinés par moi. En 1936, sur 83 plantes ayant donné des grains acajou, 17 épis ont présenté de 2 à 5 grains doubles et 4 épis de 14 à 29 grains doubles acajou, ceux-ci alignés le plus souvent sur les mêmes rangées, comme il arrive pour la forme *polysperma* à grains jaunes. Les proportions 5/23 et 12/60 à Bellevue et à Angers furent les mêmes pour la même ascendance (lot 4095), ce qui implique que le milieu ambiant n'y est pour rien, la lignée seule compte. J'obtiens donc brusquement les caractères d'une demi-race au sens de H. de Vries après 8 opérations bisannuelles n'impliquant aucune amélioration; ces données numériques soulignent les difficultés matérielles inhérentes à la solution des problèmes de mutation.

Les grains doubles et les grains simples du même épi sont semés sur la même ligne, les doubles d'abord, les plus petits et simples en dernier lieu; le plus souvent les deux plantules se développent, donnent chacune le même nombre de feuilles, quatre ou cinq, puis l'une d'elles l'emporte et je n'ai jusqu'à 1935 obtenu que des grains jaunes à partir de grains doubles jaunes; cette année 1936, à Angers, un grain double jaune a donné deux êtres soudés par leur albumen comme deux frères siamois, qui ont atteint la même taille, ont donné chacun un épi de même forme, plutôt petit et tardif, mais différant par la couleur, l'un à grains jaunes, l'autre à grains acajou; la disjonction existait dès le caryopse mère. Tous les grains d'un même épi sont de la même teinte jaune, ou acajou et ceci est naturel puisque l'ovaire qui porte la teinte acajou est un tissu maternel; pour la première fois, en 1936, et toujours sur une plante d'Angers, un seul épi a fourni deux caryopses voisins où la teinte acajou était striée de bandes laissant voir la couleur jaune de l'albumen. Il apparaît qu'en cette année 1936 la lignée mutante a offert des variations dans plusieurs direc-

---

([1]) *Mutation et traumatismes*, 1907, p. 176.

tions, comme il est de règle lorsqu'on assiste à l'altération brusque d'un des caractères héréditaires,

Restent à expliquer les difficultés qu'on éprouve à combiner sur le même individu les deux tendances, certainement héréditaires et indépendantes, traduites par les couples grains multiples-grains simples, ovaire rouge-ovaire transparent. Il faut tenir compte des observations faites de 1903 à 1910 et relatives à l'origine de la variation à grains multiples et de la variation à grains rouges. J'ai isolé dès 1904 toutes les souches ayant subi un traumatisme et en particulier la variation acajou apparue en 1903; j'ai signalé en 1907 qu'elle s'était comportée dès le début comme si elle avait une origine hybride ([1]); l'ovaire transparent domine en quelque sorte l'ovaire rouge, d'ailleurs trés irrégulièrement, « la mauvaise conformation de l'embryon, la lente germination, l'abondance de plantules dépourvues de chlorophylle dans cette lignée... » font de la forme instable à grains acajou une souche faible et qui toujours est restée faible; la maturation tardive, la fréquence des épis ébréchés, ou totalement avortés, sont les symptômes d'une altération héréditaire qui n'est pas complètement disparue après vingt générations. Par contre la variation *polysperma* dérivée de l'inflorescence anormale qui a donné *Zea Mays semi-praecox* stable, très fertile, donnant plusieurs tiges par souche, porte souvent deux épis de grains, parfois trois; la sélection répétée d'après la présence de caryopses polyspermes a accusé ces caractéristiques initiales; elle a entraîné la ramification fréquente des épis, l'épaisseur des axes et des rameaux de la panicule mâle dont les épillets serrés, imbriqués en queue de rat, ont été à partir de 1911 le critère d'après lequel étaient choisis les progéniteurs mâles; souvent les épillets de cette demi-race sont globuleux, renferment jusqu'à 20 étamines, plus de trois fois le nombre des étamines de l'épillet normal du Maïs et des épillets de l'ensemble des Graminées.

Je constate donc une divergence notable dans les tendances physiologiques héréditaires des deux formes utilisées dans mes essais et à cette divergence sont dues, d'abord le maintien à un haut degré de fertilité et, quelle que soit l'année, des descendants cultivés dans le Pas-de-Calais jusqu'en 1930, à Angers et à Bellevue, sous des climats où la maturation du Maïs à gros grains n'est pas régulière, ensuite la facilité relative de la fixation du caractère eversporting de la forme *Z. M. polysperma* à grains

---

([1]) *Mutation et traumatismes*, 1907, p. 177.

jaunes, enfin la difficulté extrême d'obtention d'épis *polysperma* à grains de teinte acajou qui n'a abouti qu'après seize années de cultures massives alors qu'il était raisonnable d'espérer les obtenir en quelques années et en nombre illimité.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Nouvelles recherches sur les teneurs comparatives en soufre, en phosphore et en azote de plantes cultivées sur un même sol.* Note de MM. **Gabriel Bertrand** et **Lazare Silberstein**.

En 1934, nous avons, sur une parcelle de terre de jardin très homogène au point de vue chimique, mis en culture une série de plantes annuelles, bisannuelles et vivaces; ces plantes ont été récoltées au fur et à mesure de leur floraison et analysées. Le soufre et le phosphore [1], puis l'azote [2], le bore [3] y ont été dosés. Il est apparu ainsi, de la manière la plus évidente, que les espèces végétales manifestent des besoins très divers à l'égard des éléments nutritifs contenus dans le sol. Si certaines plantes, par exemple, n'ont fixé que de 0,15 à 0,20 de soufre pour 100 de leur matière sèche, d'autres ont été jusqu'à 1,9 pour 100, soit dix fois davantage. Il ne s'est montré, d'autre part, aucun parallélisme entre les variations spécifiques et les éléments absorbés; c'est ainsi que le rapport entre la teneur en soufre et celle en phosphore a oscillé, dans la série des espèces examinées, entre 0,38 et 4,02.

A ces premières données, nous apportons aujourd'hui de nouveaux résultats. Les uns sont relatifs à quelques espèces bisannuelles ou vivaces que nous n'avons pu recueillir à la floraison : le céleri, l'oignon [4] et la luzerne; les autres, à de nouvelles espèces que nous avons semées cette année même : le lin, la pimprenelle, la fève, le lotier, la tomate, la pomme de terre et l'alkékenge; enfin, à quelques plantes qui sont apparues spontanément et que nous avons, vu leur bonne croissance, laissées se développer : la petite mauve, l'érigeron, le séneçon et le paturin. Parmi les espèces cultivées, le lin a fourni une récolte clairsemée, la pomme de terre est restée chétive et n'a pas fleuri, les autres ont poussé normalement. A

(1) Gab. Bertrand et L. Silberstein, *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 1449.

(2) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 261.

(3) Gab. Bertrand et H. de Waal, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 605.

(4) Le semis d'oignon de 1935 ayant été saccagé par la grêle, nous avions procédé à un repiquage de jeunes bulbes venus d'un autre jardin.

l'exception de la pomme de terre, dont un échantillon a été prélevé pour l'analyse à la fin du mois d'août, toutes les autres plantes ont été récoltées lorsqu'elles commençaient à porter des fleurs.

Nous avons déterminé, en prenant les mêmes précautions et en nous servant des mêmes méthodes que dans nos recherches antérieures ([1]), les proportions d'eau, de soufre, de phosphore et d'azote. Les résultats obtenus sont rassemblés dans le tableau ci-dessous, dans lequel les plantes sont rangées d'après l'ordre croissant de la teneur en soufre par rapport à celle en phosphore : rapport S/P. Nous y avons fait figurer aussi le rapport S/N des teneurs en soufre et en azote.

Noms des plantes examinées.	Matière sèche pour 100.	Pour 100 de matière sèche.			Rapports	
		Soufre.	Phosphore.	Azote.	S/P.	S/N.
Loiter corniculé (*Lotus corn.* L.)	17,49	0,263	0,472	3,920	0,558	0,067
Luzerne (*Med. sativa* L.)	18,50	0,337	0,527	4,620	0,640	0,073
Fève (*Faba vulg.* G. G.)	15,37	0,239	0,349	2,884	0,685	0,083
Pomme de terre (*Sol. tub.* L.)	10,33	0,423	0,605	5,376	0,699	0,079
Pimprenelle (*Poter sang.* L.)	17,28	0,343	0,484	3,388	0,708	0,101
Érigeron (*Erig. canad.* L.)	15,45	0,473	0,599	3,962	0,790	0,119
Petite mauve (*Malva rot.* L.)	16,41	0,556	0,564	5,614	0,986	0,099
Alkékenge (*Phys. alk.* L.)	11,79	0,505	0,455	5,208	1,108	0,097
Paturin annuel (*Poa ann.* L.)	17,68	0,502	0,437	3,752	1,147	0,134
Lin (*Lin. usit.* L.)	23,35	0,390	0,318	2,352	1,226	0,166
Tomate (*Sol. lycop.* L.)	9,72	1,177	0,952	4,326	1,237	0,272
Séneçon (*Sen. vulg.* L.)	10,33	0,748	0,605	4,200	1,237	0,178
Oignon (*All. cepa* L.)	7,96	0,948	0,361	2,268	2,630	0,418
Céleri (sans fleur; 1935) (*Apium grav.* L.)	19,95	1,811	0,163	2,926	11,117	0,619
Céleri (en fleur; 1936)	15,92	1,767	0,236	2,898	7,500	0,610

A l'exception des chiffres trouvés pour le céleri, ces nouveaux résultats rentrent entièrement dans le cadre de ceux que nous avons déjà publiés, ils en sont donc en quelque sorte la confirmation.

Le cas du céleri, envisagé au point de vue quantitatif, est au contraire nettement distinct. Il est celui d'une espèce végétale fortement thiophile, comme le sont, du moins en général, les Crucifères, mais dans laquelle les rapports du soufre au phosphore et à l'azote sont exceptionnellement élevés. Tandis que dans les 46 espèces examinées comparativement le

([1]) *Loc. cit.*

rapport S/P ne dépasse pas 4,02 et le rapport S/N 0,50, nous avons rencontré :

	S/P.	S/N.
Dans le céleri récolté à la floraison..........	7,50	0,61
Dans le céleri récolté avant la floraison......	11,12	0,62

Nous allons rechercher, avant d'étendre nos conclusions, sous quelles formes le soufre est accumulé dans cette plante.

MAGNÉTISME TERRESTRE. — *Sur quelques roches magnétiques des environs de Tananarive.* Note (¹) de M. **Charles Poisson.**

L'étude des anomalies magnétiques dues à certains affleurements rocheux a été poursuivie activement pendant ces derniers mois.

M. Émile Thellier et Mme Odette Thellier ont déterminé la susceptibilité magnétique et l'aimantation rémanente des échantillons prélevés par nous sur les points où des anomalies avaient été constatées. L'identification minéralogique des roches est due au Service des Mines de Madagascar. Dans le Tableau qui va suivre la susceptibilité massique χ est exprimée en 10^{-6} U.E.M., l'aimantation spécifique σ en 10^{-4} U.E.M.

	χ.	σ.
1. Ankaratrite à néphéline du Tsiafajavona..................	1490	575
2. Ankaratrite péridotique du Rantoandro....................	2100	325
3. Quartzite à magnétite (Ambatoroka)......................	5000	6540
4. Magnétite de pegmatite (altérée en martite)...............	29170	15
5. Granite de l'Observatoire................................	2580	30
6. Granite d'Ambatoroka....................................	1920	4
7. Granite d'Ambatomaro (route de l'Est)...................	1830	2
8. Granite écrasé de l'Observatoire.........................	900	38
9. Quartzite à sillimanite et magnétite (Obs.)...............	3640	785
10. Quartzite micacé de l'Observatoire......................	4	1

Dans ce Tableau les deux premières roches proviennent des observations dont on a déjà rendu compte à l' Académie. Les échantillons n'ont pas été prélevés aux points d'anomalie maxima, mais, comme les suivants, représentent autant que possible les conditions moyennes du gisement.

Le quartzite à magnétite d'Ambatoroka a été pris sur un petit banc orienté Nord-Sud et redressé en plis serrés, qui forme le sommet fortement

(¹) Séance du 31 août 1936.

altéré par érosion, d'une crête située à mi-distance entre le palais de la Reine et l'Observatoire. Les bancs s'étendent depuis la prison d'Antanimora au Nord jusqu'à l'Ikopa à Mahazoarivo au Sud. Les plis les moins altérés, recoupés par une route en tranchée, ont une puissance moyenne de $0^{m},30$ et une longueur de $2^{km},500$.

Le quartzite à sillimanite et magnétite de l'Observatoire est un fragment altéré et très localisé d'une zone de contact entre granite monzonitique et quartzite. Ici l'anomalie ne peut être mesurée avec précision, cette couche ayant été trouvée sous les fondations Nord du bâtiment de l'Observatoire. Peut-être existe-t-elle ailleurs, recouverte par la latérite.

Le quartzite normal de l'Observatoire n'est pas magnétique comme on pouvait le prévoir Mais ces bancs ont une puissance très limitée, variant de quelques centimètres à une dizaine de mètres, et contrairement à ce que nous avions dit dans une communication précédente, des anomalies provenant de granites sous-jacents, avec ou sans zone de contact active, ont pu êtres mises en évidence par des observations au-dessus des quartzites.

La magnétite (martite) de pegmatite à béryl offre de l'intérêt par la possibilité, qui reste à vérifier, de rechercher par voie de prospection magnétique, le prolongement éventuel de filons reconnus en un point. Cette possibilité serait d'ailleurs fort restreinte, car la martite forme dans ces filons des amas discontinus.

Le granite de l'Observatoire, d'Ambatoroka (1^{km} Ouest de l'Observatoire) et d'Ambatomaro (3^{km} NE) est un granite monzonitique gris à grain fin, jadis décrit par J. Muthuon [1] sous le nom de *granite des Ambatomiranty*.

Les échantillons prélevés en carrière loin des bords des blocs sont tout à fait comparables entre eux au point de vue magnétique. Par contre les échantillons pris au voisinage de la surface externe des blocs, même s'ils ont un aspect de roche très fraîche, ont une teneur plus forte en magnétite. Ce fait et le pendage des couches paraissent être en relation avec des actions métamorphiques accompagnant un plissement.

J'ai pu vérifier que plusieurs autres stations du réseau Colin (Ambohidratrimo, Antanjombato, Anosizato), situées sur des ambatomiranty analogues, présentaient toutes des anomalies magnétiques plus ou moins considérables.

Enfin le granite monzonitique écrasé de l'Observatoire (roche à micro-

---

[1]. *Bull. de l'Acad. malgache*, N. S., 1, 1914, p. 73-81.

cline rosé et non plus gris) révèle des conditions d'orientation et de gisement assez différentes de la roche précédente.

Nous serons sans doute amené à considérer d'autres variétés de granite produisant des anomalies magnétiques. Le pied du théodolite ou de la boussole n'écarte guère l'instrument de mesure à plus de 1^m ou $1^m,20$ de la roche. Il pourra être intéressant de placer l'instrument à des hauteurs plus faibles ou plus grandes.

Parmi les roches de la région de Tananarive j'envisage encore des gneiss à magnétite et des gneiss à grenat comme causes possibles de troubles dans les stations de E. Colin, particulièrement pour celles qui ont été faites dans le nord-est et dans l'ouest de Tananarive.

Sur la latérite elle-même et parfois au milieu des herbes on rencontre assez souvent des fragments de magnétite de $0^{cm},5$ à 2^{cm}, dont quelques-uns sont encore magnétipolaires, vestiges d'une pegmatite ou d'une roche décomposée. Auprès du sommet du Masomanga (25^{km} nord-est de Tananarive) ces fragments sont abondants sur les petits talus formés au bord de la route par la terre rejetée par les cantonniers. La roche originelle à cet endroit semble être un gneiss.

M. **E. de Margerie** fait hommage à l'Académie d'un Volume intitulé Club Alpin Français. Commission des Travaux scientifiques. *L'Œuvre scientifique du Club Alpin Français* (1874-1902).

CORRESPONDANCE.

La **Société Royale des Sciences de Liège** adresse à l'Académie l'expression de ses sentiments de condoléance à l'occasion du décès de M. *E. Goursat.*

L'**Académie Malgache** adresse à l'Académie l'expression de ses sentiments de condoléance à l'occasion du décès de M. *J.-B. Charcot.*

M[mes] **Élisabeth Jérémine, Marie Phisalix**;

MM. **Henri Abraham, Albert Arnulf, Étienne Audibert, Jean**

Becquerel, Marcel Belin, Carl Benedicks, Louis Bergeron, Félicien Bœuf, Désiré Bois, Jean-Jacques Bouckaert, Georges-Albert Boutry, Louis Boyer, Georges Bruhat, Charles Cabanes, Pierre Cappe de Baillon, Germain Chalaud, Claude Chevalley, André Couder, Ernest Coulaud, Jacques Courtois, Paul Cusset, Léon Delhoume, Charles Dhéré, René Dieuzeide, Paul Dorveaux, Charles Dufraisse, Georges Dupont, Henri Erhart, Jean Feytaud, Robert Gachet, Pierre Gauja, Maurice Gevrey, Bernard Gouzon, Guillaume Grandidier, Maurice Guérin, Jules Guiart, Fernand Holweck, le Directeur de l'Institut scientifique chérifien, Paul Job, Alfred Lacroix, Jean Laigret, Marcel Laporte, Mario Lebel, Raoul Lecoq, le R. P. Pierre Lejay, Paul Lévy, Joseph Magrou, Charles Mallet, Paul Meunier, Francis Michot-Dupont, Paul Nève de Mévergnies, René Norguet, Pierre Ocdard, René Perrin, Marius Piery, Henri Poncin, Gaston Portevin, Maurice Rangier, Claudius Regaud, Gustave Ribaud, Paul Robert, Jean Rothé, Henry Norris Russell, Maurice Sourdille, Henri Stehlé, André Tenot, Max Teissié-Solier, J.-André Thomas, Ferdinand Vallette, Robert Weill, Étienne Wolff adressent des remercîments pour les distinctions accordées à leurs travaux.

Mme Gabriel Cusco adresse également des remercîments.

Mlle Yvette Cauchois;

MM. Émile André, Pierre Auger, Raymond Cahen, Claude Charmetant, Aimé Cotton, le Secrétaire du Comité de physique du globe des colonies, le Général commandant l'École polytechnique, Roger Gautheret, Roger Heim, Henri Lafuma, Raoul Lecoq, Pierre Lesage, Bernard Lyot, Paul Marsais, Charles Mauguin, Louis Nattan-Larrier, Paul Nottin, Jean Piveteau, le R. P. Antoine Poidebard, Émile Roubaud, Nicolas Théobald, adressent des remercîments pour les subventions qui leur ont été attribuées pour leurs recherches, leurs publications ou leurs bibliothèques.

M. Charles Mauguin prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la place vacante dans la Section de Minéralogie par le décès de M. *F. Wallerant*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° J. Chaine et J. Duvergier, *Recherches sur les Otolithes des Poissons*, Parties 1, 2 et 3.

2° René Roy. *Contribution aux recherches économétriques*. (Présenté par M. M. d'Ocagne.)

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *La torsion moyenne d'une surface.* Note [1] de M. **Alexandre Myller.**

Nous prenons sur une surface n lignes géodésiques, sortant d'un point M, déterminées par les angles $\Delta\theta$, $2\Delta\theta$, $3\Delta\theta$, ..., $\pi/2-\Delta\theta$, $\pi/2$ qu'elles font en M avec une des directions principales. Soient $1/T(\Delta\theta)$, $1/T(2\Delta\theta)$, ... les torsions de ces géodésiques en M; formons leur moyenne arithmétique

$$\frac{1}{n}\left[\frac{1}{T}(\Delta\theta)+\frac{1}{T}(2\Delta\theta)+\ldots+\frac{1}{T}\left(\frac{\pi}{2}\right)\right]=\frac{2}{\pi}\sum_{k=1}^{n}\frac{1}{T}(k\,\Delta\theta)\,\Delta\theta$$

et passons à la limite pour $n\to\infty$. Nous obtenons en utilisant la formule de Bertrand de la torsion géodésique

$$\frac{2}{\pi}\int_0^{\frac{\pi}{2}}\frac{1}{T}(\theta)\,d\theta=\frac{2}{\pi}\left(\frac{1}{R_1}-\frac{1}{R_2}\right)\int_0^{\frac{\pi}{2}}\sin\theta\cos\theta\,d\theta=\frac{1}{\pi}\left(\frac{1}{R_1}-\frac{1}{R_2}\right).$$

Cette dernière expression représente non seulement la moyenne des valeurs des torsions des géodésiques comprises dans l'angle entre o et $\pi/2$, mais aussi la moyenne des valeurs absolues des torsions de toutes les géodésiques sortant de M. On le voit en tenant compte des symétries de la torsion par rapport aux directions principales indiquées par la formule de Bertrand.

En faisant abstraction du facteur $1/\pi$, nous nommerons la quantité

$$\frac{1}{R_1}-\frac{1}{R_2}$$

la torsion moyenne de la surface dans le point considéré.

(1) Séance du 14 décembre 1936.

La torsion moyenne jouit d'une propriété analogue à la propriété fondamentale qui définit la torsion des courbes. Considérons les deux plans normaux principaux par M et un point quelconque P sur la surface à la distance ds de M. Prenons le plan normal en P qui passe par M; celui-ci coupe les plans normaux principaux d'après deux droites qui forment un angle que nous nommons ε. Quand P se rapproche de M, le rapport ε/ds tend vers une limite qui est indépendante de la position de P autour de M et qui est la torsion moyenne.

Pour voir cela, considérons le trièdre de coordonnées ayant comme axes Ox, Oy, Oz respectivement les directions principales et la normale à la surface. Notons par ω l'angle de MP avec Ox et, tenant compte du fait que la formule de Bertrand nous donne l'angle des plans normaux en M et P qui passent par MP, nous pouvons écrire l'équation du plan normal en P qui passe par M

$$\frac{x}{\cos\omega} - \frac{y}{\sin\omega} + z\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right) ds = 0.$$

D'ici, nous pouvons calculer les paramètres directeurs de l'intersection de ce plan avec les plans yOz et xOz

$$\begin{matrix} 0 & ds\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right)\sin\omega & 1 \\ -ds\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right)\cos\omega & 0 & 1 \end{matrix}$$

et après

$$\sin\varepsilon = \frac{ds\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right)\sqrt{1 + ds^2\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right)^2 \sin^2\omega\cos^2\omega}}{\sqrt{1 + ds^2\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right)^2 \sin^2\omega}\sqrt{1 + ds^2\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right)^2 \cos^2\omega}}.$$

En remplaçant $\sin\varepsilon$ par ε et en négligeant dans le second membre des infiniment petits d'ordre supérieur au premier, nous obtenons

$$\lim \frac{\varepsilon}{ds} = \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}.$$

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur eertains invariants-limites des séries entières*. Note de M. **Albert Edrei**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Considérons la fonction

$$\frac{a_0}{z} + \frac{a_1}{z^2} + \frac{a_2}{z^3} + \ldots + \frac{a_n}{z^{n+1}} + \ldots = f(z) \tag{1}$$

holomorphe à l'extérieur du cercle de rayon $R = \overline{\lim}_{n \to \infty} |a_n|^{\frac{1}{n}}$. On sait le rôle que jouent certains déterminants, de la forme

$$A_k^{(n)} = \begin{vmatrix} a_k & a_{k+1} & \dots & a_{k+n-1} \\ a_{k+1} & a_{k+2} & \dots & a_{k+n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{k+n-1} & a_{k+n} & \dots & a_{k+2n-2} \end{vmatrix},$$

dans les travaux de M. Hadamard sur les singularités polaires. Ses énoncés font ressortir le grand intérêt qu'offrent les propriétés-limites des $A_k^{(n)}$, pour n fixe et $k \to \infty$. M. Pólya, dans ses recherches sur les séries à coefficients entiers, a été conduit à considérer le cas $n \to \infty$, pour k fixe. Il a fait des applications des nouvelles propriétés-limites ainsi obtenues, en particulier de celle-ci [1] : *Si la série* (1) *est prolongeable, on a nécessairement*

$$\overline{\lim}_{n \to \infty} |A_0^{(n)}|^{\frac{1}{n^2}} < R.$$

Le but de cette Note est de montrer que les limites de ce dernier type, et d'autres d'une nature un peu plus générale, formées avec les coefficients d'une série entière, restent inaltérées quand on ajoute à cette série une fonction rationnelle quelconque. M. Hadamard [2] avait jugé souhaitable que l'on trouvât des expressions présentant le caractère d'invariance « vis-à-vis des transformations qui consistent à ajouter à la série un polynome quelconque ». Cette Note constitue donc, dans une certaine mesure, une réponse à la question qu'il avait posée.

Soit $\Phi(n)$ une fonction positive de n. Posons

$$0 = a_{-1} = a_{-2} = a_{-3} = \dots = a_{-k} = \dots,$$

$$\overline{\lim}_{n \to \infty} |A_k^{(n)}|^{\frac{1}{\Phi(n)}} = \tau_k,$$

k désignant un entier positif, négatif ou nul. Je dis que

Si la fonction positive $\Phi(n)$ est assujettie aux conditions :

(I) $$\Phi(n) > \frac{n^2}{p}, \quad p \text{ fixe et positif,}$$

(II) $$\lim_{n \to \infty} \frac{\Phi(n+1)}{\Phi(n)} = 1,$$

tous les τ_k sont égaux.

---

[1] *Mathematische Annalen*, 99, 1928, p. 687-706.

[2] *La série de Taylor et son prolongement analytique*. Paris, 1901, p. 100.

De $|a_m| < M(R+\varepsilon)^{m+1}$, on tire l'inégalité

$$|A_k^{(n)}| < n!\,M^n(R+\varepsilon)^{kn}(R+\varepsilon)^{n^2},$$

d'où résulte, en se servant de (I) et en posant $P = \max(1, R)$,

$$(2) \qquad \tau_k \leqq P^p.$$

Posons

$$\tau_k + \delta = T_k > 0 \qquad (\delta > 0).$$

La formule connue

$$\{A_k^{(n)}\}^2 = A_{k-1}^{(n)} A_{k+1}^{(n)} - A_{k-1}^{(n+1)} A_{k+1}^{(n-1)},$$

fournit, pour n suffisamment grand, l'inégalité

$$(3) \qquad \begin{aligned} |A_k^{(n)}|^2 &< T_{k-1}^{\Phi(n)} T_{k+1}^{\Phi(n)} + T_{k-1}^{\Phi(n-1)} T_{k+1}^{\Phi(n-1)} \\ &= T_{k-1}^{\Phi(n)} T_{k+1}^{\Phi(n)} \{1 + (1+\varepsilon_n)^{\Phi(n)}\} \leqq 2(T_{k-1}T_{k+1})^{\Phi(n)}(1+|\varepsilon_n|)^{\Phi(n)}. \end{aligned}$$

De la définition de ε_n

$$1 + \varepsilon_n = T_{k-1}^{\frac{\Phi(n+1)}{\Phi(n)} - 1}\, T_{k+1}^{\frac{\Phi(n-1)}{\Phi(n)} - 1},$$

on déduit, en vertu de (II), que ε_n tend vers zéro avec $1/n$. En reprenant (3) et passant à la limite, on obtient successivement :

$$(4) \qquad \begin{gathered} |A_k^{(n)}|^{\frac{2}{\Phi(n)}} \leqq 2^{\frac{1}{\Phi(n)}} T_{k-1} T_{k+1} (1 + |\varepsilon_n|), \\ \tau_k^2 \leqq \tau_{k-1}\tau_{k+1}. \end{gathered}$$

Si l'un des τ_k est nul, ils le sont tous; sinon, (4) s'écrit

$$(5) \qquad \log \tau_k \leqq \frac{\log \tau_{k-1} + \log \tau_{k+1}}{2}.$$

En vertu de (5), la ligne polygonale de sommets $(k, \log \tau_k)$ tourne sa convexité vers le bas. L'inégalité (2), pour $k = 0, \pm 1, \pm 2, \ldots$, exprime que cette ligne est bornée supérieurement; elle se réduit donc nécessairement à une droite horizontale. Tous les τ_k sont alors égaux.

M. Pólya a montré ([1]) que la substitution $z \mid az + b$, pratiquée dans (1), transforme $|A_0^{(n)}|^{\frac{1}{n^2}}$ en $a^{-1}|A_0^{(n)}|^{\frac{1}{n^2}}$; de son résultat et du mien, on déduit :

$$1^\circ \qquad \overline{\lim_{n \to \infty}} |A_k^{(n)}|^{\frac{1}{\Phi(n)}} = \lambda_\Phi,$$

où λ_Φ, indépendant de k, se transforme comme une longueur par la substi-

([1]) *Sitzungsberichte Akad. Berlin*, 1929, p. 55-62.

tution $z \mid az + b$. En particulier, λ_Φ n'est pas affecté par une translation.

2° Ajoutons à (1) un polynome en $1/z$ de degré m; il ne laisse aucune trace sur $A_m^{(n)}$; λ_Φ est donc une propriété-limite de la série (1).

3° Soumettons (1) à une translation, ajoutons-y un polynome en $1/z$ et effectuons la translation inverse; tout revient à ajouter à (1) un polynome en $1/(z-a)$ et λ_Φ reste encore inaltéré. En d'autres termes, λ_Φ est absolument « insensible » aux pôles en nombre fini.

Il est naturel de se demander la signification de λ_Φ pour les diverses fonctions $\Phi(n)$ possibles. Pour $\Phi(n) = n^2$ je renvoie aux travaux cités de M. Pólya; pour $\Phi(n) = n^2 \log n$, à un travail de M. Wilson [1]. J'ajouterai que d'autres formes encore de $\Phi(n)$ prennent une signification dans la théorie des singularités.

RELATIVITÉ. — *La cinématique et la théorie des groupes.* Note de M. **Victor Lalan**, présentée par M. Élie Cartan.

1. MM. E. Esclangon et Ed. Le Roy [2] ont montré qu'il est possible d'établir les formules de Lorentz sans faire d'hypothèse sur la vitesse de la lumière; c'est ce que nous voudrions montrer à notre tour, en nous appuyant principalement sur la théorie des groupes.

Envisageant d'abord l'espace-temps à deux dimensions, nous postulons que les changements de système d'inertie, avec conservation de l'origine d'espace-temps, s'expriment par les formules d'un *groupe à un paramètre.* On ne peut songer à déterminer la forme de ce groupe qu'après avoir indiqué quelque propriété des variables que l'on se propose d'utiliser. Nous y parvenons en considérant les changements d'origine dans l'espace-temps; ces opérations, qui constituent un groupe à deux paramètres, étant permutables deux à deux, peuvent s'exprimer, moyennant un choix convenable des variables, sous la forme

$$u' = u - u_0, \qquad v' = v - v_0.$$

Nous précisons que x et t sont un des systèmes de variables qui donnent cette forme simple au groupe des changements d'origine.

2. Postulons en second lieu que *tout changement de système de référence*

---

[1] *Proceedings London Math. Soc.*, 2e série, 39, 1935, p. 363-371.

[2] *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 708 et 794.

laisse invariant le groupe des changements d'origine, ce qui peut s'énoncer sous une forme plus concrète : si, avant d'effectuer un changement de système, on change l'origine d'espace-temps dans S, il est possible de ramener à sa forme primitive l'expression de ce changement de système en effectuant un changement d'origine dans S'. De ce postulat, combiné avec la propriété reconnue précédemment aux variables x et t, découle la forme linéaire du groupe.

En s'en tenant aux deux postulats énoncés, on trouve toute une variété de cinématiques, qui permettent de géométriser l'espace-temps au sens de Finsler; certaines ont deux vitesses-limites, d'autres une seule; plusieurs comportent la simultanéité absolue sans se réduire à la cinématique de Galilée. Citons à titre d'exemples (¹) :

$$\begin{cases} x' = x - vt, \\ t' = \left(1 - \frac{v}{c}\right)t; \end{cases} \qquad \begin{cases} x' = \dfrac{x - vt}{1 - \frac{v}{c}}, \\ t' = t; \end{cases} \qquad \begin{cases} x' = e^{v}(x - vt), \\ t' = e^{v}t. \end{cases}$$

3. Le troisième postulat concerne l'espace : *le groupe des changements de système de référence est invariant par tout changement d'orientation de l'axe spatial.* Autrement dit, ce groupe respecte l'*isotropie de l'espace*. Trois seulement des cinématiques précédentes jouissent de cette propriété.

4. Le dernier postulat concerne le temps : *si deux événements se passent au même lieu par rapport à un système de référence, ils ont le même ordre de succession temporelle par rapport à tous les systèmes de référence.* Ce qu'on peut exprimer aussi en disant que les changements de système de référence *conservent l'avenir*. Par là se trouve exclue la cinématique qui se déduirait de celle de Lorentz en changeant c^2 en $-c^2$. En définitive, nos quatre postulats ne sont satisfaits que par les cinématiques de Galilée et de Lorentz (²).

5. Quand on passe à l'espace-temps à quatre dimensions, les changements de système conservant l'origine forment un ensemble dépendant de trois paramètres, les trois composantes de la vitesse du second système

(¹) Dans ces cinématiques, la vitesse v' de S par rapport à S' n'est pas nécessairement égale à $-v$, mais la relation entre v et v' est toujours *symétrique*.

(²) On écarterait la cinématique de Lorentz si l'on imposait ce cinquième postulat : le groupe des changements de système de référence est invariant par tout changement d'unités de longueur et de temps.

par rapport au premier. Il semblerait naturel, comme extension de la méthode précédente, d'exiger tout d'abord que cet ensemble constitue un groupe à trois paramètres. Si l'on imposait cette condition, la cinématique de Lorentz se verrait condamnée; en effet, les transformations qui conservent $x^2+y^2+z^2-c^2t^2$ comprennent, outre les transformations de Lorentz, les rotations spatiales, et il est remarquable que *les transformations de Lorentz ne forment pas un sous-groupe à trois paramètres* de ce groupe à six paramètres. Nous chercherons donc simplement à déterminer ∞^3 transformations, faisant intervenir effectivement le temps, et jouissant des propriétés suivantes :

a. Leur ensemble est constitué par les transformations de ∞^2 groupes à un paramètre;

b. Il laisse invariant le groupe des changements d'origine;

c. Il est invariant par les rotations et les retournements, ce qui signifie qu'aucune direction spatiale n'est privilégiée, et qu'autour d'un axe donné, aucun sens de rotation n'est privilégié;

d. Il conserve l'avenir (au sens qui a été défini au n° 4).

La cinématique de Lorentz satisfait, comme celle de Galilée, à ces quatre postulats, mais seule la cinématique de Galilée s'exprime par un groupe à trois paramètres.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur les lois physiques s'exprimant par des chaînes statistiques*. Note de M. **Octav Onicescu**, présentée par M. Émile Borel.

La description d'un phénomène physique, donc la transformation dans le temps d'un système, ou d'une structure physique, donne lieu à une *suite* continue ou discontinue d'éléments

$$X = \begin{pmatrix} M \\ d\varphi(M) \end{pmatrix},$$

où M est un point représentatif dans un espace approprié et $d\varphi(M)$ la mesure ou la probabilité de l'état correspondant suivant les conventions habituelles.

Le modèle d'une pareille *succession de dépendances* de proche en proche, et qui représente dans la nouvelle science ce que nous devons appeler une *loi* se trouve réalisé par *les chaînes statistiques*.

Sous une forme générale la loi qui donne, à partir de X, un nouvel élément et peut générer ainsi, par itération, une chaîne simple, exprime la fonction de répartition ψ de l'élément suivant comme fonctionnelle de φ au sens de M. Volterra,

$$\psi = \mathcal{F}[\varphi(M) \mid M^*].$$

Dans cette loi d'itération, qui peut aussi être variable avec un certain paramètre à chaque nouvelle application, on peut trouver le principe d'un groupe de transformations comme en a trouvé un M. J. Hadamard à l'étude de l'intégration d'une équation du second ordre ayant des solutions au sens de Cauchy.

Si dans la dépendance précédente le point M^* ne figure pas, elle est déterministe; elle est aléatoire dans le cas contraire, étant donné que le choix de M peut être lié à un phénomène aléatoire.

Voici un exemple de dépendance déterministe relatif à la mécanique du point.

Soit $\varphi(x, y, z)\,dx\,dy\,dz$ la probabilité, pour une particule donnée, d'occuper au moment une position comprise dans le parallélépipède élémentaire de sommet x, y, z et de côtés dx, dy, dz.

On a ainsi l'élément statistique qui correspond à cette structure

$$[M(x, y, z),\ \varphi(x, y, z)\,dx\,dy\,dz]. \tag{1}$$

Supposer que la chaîne soit *double*, comme dans la mécanique classique, veut dire que l'on donne $\partial^2\varphi/\partial t^2$ comme fonction de φ, $\partial\varphi/\partial t$, $x, y, z, \dot{x}, \ldots, t$ et comme fonctionnelle de φ. Cette fonctionnelle est connue s'il s'agit d'un photon et c'est précisément $c^2\Delta\varphi$.

On obtient ainsi l'équation des ondes

$$\frac{\partial^2\varphi}{\partial t^2} = c^2\left(\frac{\partial^2\varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2\varphi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2\varphi}{\partial z^2}\right).$$

La fonction φ sera déterminée (*en accord avec la théorie de Cauchy, en même temps qu'avec la théorie des chaînes*) par la connaissance de

$$\varphi_{t=0}, \quad \left(\frac{\partial\varphi}{\partial t}\right)_{t=0}.$$

La chaîne précédente ne fait que reproduire, avec un langage nouveau, le principe d'Huyghens tel qu'il fut interprété par M. J. Hadamard [1].

---

[1] *Bulletin de la Société mathématique de France*, 52, 1924, p. 241 et 610.

En fait les équations fonctionnelles de M. Hadamard se rapportent à une chaîne discontinue correspondant à des valeurs $t = nh$ et donne un exemple très clair de chaînes à liaisons complètes *déterminées*.

S'il s'agissait d'une propagation ayant la vitesse de phase w, la fonctionnelle de φ qui correspond à $\partial^2\varphi/\partial t^2$ serait $w^2\Delta\varphi$; comme l'expérience nous fournit aussi une seconde forme qui correspond à la même chaîne double

$$\frac{\partial^2 f}{\partial t^2} = \frac{8\pi^2\omega^2 m}{h^2}(\mathrm{E} - \mathrm{V})\varphi,$$

où E est l'énergie totale, $\mathrm{V}(x, y, z)$ le potentiel et m la masse de la particule matérielle qui correspond à l'onde. La comparaison de ces deux résultats nous conduit à l'équation de Schrödinger.

L'exemple précédent rentre dans le cadre des chaînes déterministes : à chaque instant l'élément correspondant de la chaîne est déterminé par la connaissance des données initiales. On a ainsi une expression de la causalité conforme à l'interprétation de Fermi et de Broglie ([1]).

Le point de vue adopté dans cet exemple nous conduit à la théorie ondulatoire et peut aussi être considéré comme le point de vue de Lagrange, associé à l'idée de chaîne; il peut être complété par un autre (toujours déterministe) qui représente le point de vue d'Euler et qui met en évidence la probabilité pour une particule de passer d'un point x, y, z au point $x + dx, y + dy, z + dz$ au moment $t + dt$. Ce second point de vue nous conduit aux équations habituelles de la dynamique du point.

ATOMISTIQUE. — *Sur la limite supérieure des numéros atomiques.* Note de M. **Georges Fournier**, présentée par M. Paul Langevin.

Nous avons indiqué ([2]) que les noyaux d'atomes pouvaient être représentés par des empilements d'octaèdres (hélions) et de tétraèdres (neutrons, protons) répartis en *niveaux* géométriques caractérisés par la distance du centre du polyèdre au centre général du noyau.

Les carrés de ces distances sont, nous l'avons vu, en progression arithmétique. Par exemple, pour les empilements constitués autour d'un tétraèdre central, les carrés des distances des centres des tétraèdres de

([1]) Voir André George, *Mécanique quantique et causalité*, Paris, 1932.

([2]) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 1138.

différents niveaux au centre du tétraèdre central sont successivement égaux à 0,5; 1; 1,5; 2, etc. en prenant l'arête des polyèdres égale à 1.

Considérons maintenant le réseau cubique formé par les centres des tétraèdres. La maille de ce réseau vaut $\sqrt{2}/2$ ou $1/\sqrt{2}$. Prenons comme centre de coordonnées le centre du tétraèdre central, et trois axes rectangulaires OX, OY, OZ suivant les trois arêtes du cube. Si x, y, z sont trois nombres entiers, les coordonnées d'un centre de tétraèdre seront :

$$X = \frac{x}{\sqrt{2}}, \qquad Y = \frac{y}{\sqrt{2}}, \qquad Z = \frac{z}{\sqrt{2}}$$

et le carré de sa distance au centre du tétraèdre central sera

$$\delta^2 = X^2 + Y^2 + Z^2 = \frac{x^2 + y^2 + z^2}{2},$$

δ^2, d'autre part, est égal à $N \times 0,5$; N étant un nombre entier. Il s'ensuit que $x^2 + y^2 + z^2$ doit être un nombre entier N. La théorie des nombres, nous apprend que les nombres entiers de la forme $8n + 7$ ne peuvent être mis sous la forme d'une somme de trois carrés. Il en résulte que les niveaux géométriques, tel que $\delta^2 = (8n + 7)\,2 = 4n + 3,5$ *ne peuvent pas exister*. Du point de vue physique le premier niveau de ce genre ($\delta^2 = 3,5$) va donc constituer une limite supérieure au delà de laquelle nous ne pourrons plus empiler de grains nucléaires tétraédriques. En calculant le nombre de grains possibles sur chaque niveau, et en tenant compte du fait qu'un polyèdre ne peut correspondre à un grain que s'il possède une liaison géométrique suffisante avec le reste du noyau, on peut déterminer le numéro atomique et la masse atomique correspondant à cette limite.

On trouve ainsi que le nombre maximum d'hélions correspond au numéro atomique $Z = 136$, que l'empilement soit fait autour d'un tétraèdre central ou autour d'un centre ponctuel.

Ce résultat est à rapprocher du fait que la quantification de l'orbite K de Bohr en dynamique relativiste devient impossible pour $Z \geqq e^2/\hbar c$, c'est-à-dire pour $Z \geqq 137$. La même impossibilité se retrouve dans la théorie de Dirac.

D'après notre théorie géométrique, la masse atomique maximum correspondante serait $A = 360$.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur quelques propriétés de l'étincelle éclatant à la surface d'un électrolyte relié au pôle négatif.* Note de MM. **Pierre Jolibois** et **Robert Bossuet**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'un de nous a montré ([1]) que l'étincelle continue à haute tension, éclatant au-dessus d'un électrolyte relié au pôle négatif comprend trois zones.

Nous avons pu apporter quelques précisions nouvelles sur ce phénomène. La tache lumineuse qui se forme sur le liquide lui-même, contient non seulement les raies de l'hydrogène, mais encore celles de l'oxygène, parmi lesquelles les plus intenses sont : (dans le domaine des appareils à optique de verre) 4943; 4705,3; 4699,2; 4642; 4639; 4596; 4590; 4415; 4340,5; 4190; 4185,7; 4076; 4072,4; 4070; 3973,5. Il n'est pas étonnant de trouver au pôle positif d'une électrolyse à étincelle dans l'eau les constituants de l'ion OH dissociés en atomes; toutes ces raies y compris celle de l'hydrogène appartiennent en effet à l'atome plus ou moins ionisé.

Ces éléments se recombinent spontanément hors du point d'impact de l'étincelle pour donner de l'eau et de l'oxygène suivant une réaction du type $2O + 2H = H^2O + O$.

Il est donc naturel que les spectres obtenus de cette manière soient simples et ressemblent beaucoup aux spectres de flamme, peu aux spectres d'arc ou d'étincelle. En effet, la perturbation produite sur la tache lumineuse du liquide projette une fine pulvérisation de la solution dans une flamme dont nous venons d'expliquer l'origine. Cette pulvérisation est intense et très apparente dans les solutions de chlorure de potassium.

D'autre part, nous avons constaté que la hauteur relative de l'auréole et son intensité lumineuse augmentent avec l'intensité du courant, toutes les autres conditions restant égales.

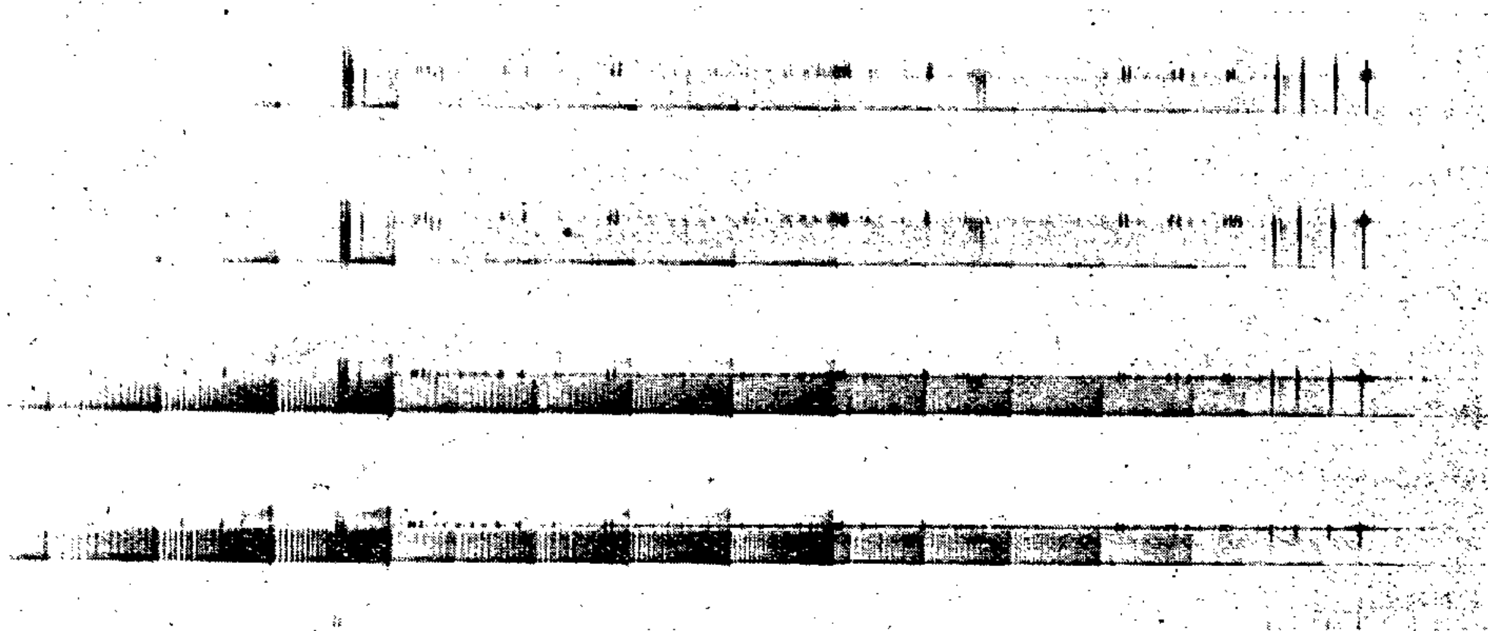
L'intensité lumineuse des bandes de l'azote qui occupent toute la hauteur de l'étincelle diminue avec l'intensité du courant (voir la figure).

La facilité avec laquelle les raies du métal en solution sont émises dans l'auréole dépend, pour des conditions semblables de concentration et d'excitation électrique, des autres substances dissoutes dans le liquide. C'est ainsi que nous avons observé que l'acide acétique diminue dans des proportions considérables la sensibilité spectrale des métaux.

([1]) *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 400.

Au contraire, le chlorure d'ammonium l'exalte. Avec une solution normale de ce dernier sel nous décelons le manganèse à la teneur de 1^{mg} par litre. Il convient de noter que ce genre d'étincelle est assez simple à reproduire d'une expérience à l'autre dans des conditions très constantes d'excitation électrique et d'éclairement de la fente du spectrographe.

Nous avons ainsi pu étudier par microphotométrie une même plaque impressionnée au moyen de concentrations variables de manganèse de 2 à 100^{mg} par litre en présence d'un grand excès de chlorure d'ammonium



Spectres obtenus à la surface d'une solution contenant 54^{mg} par litre de manganese en solution (NH^4) Cl N/$_1$. Le courant d'excitation est respectivement pour les 4 spectres de 18, 28, 38, 48 milliampères. Les raies du manganèse facilement visibles sont de gauche à droite, un triplet, 4030, 4033, 4034, et trois raies 4754, 4783, 4823.
Les bandes qui occupent la hauteur de l'étincelle sont les bandes de l'azote et dans les deux spectres du bas leur image par réflexion sur le ménisque liquide. Le spectre très étroit représente la tache lumineuse sur le liquide et comprend les raies de l'oxygène et de l'hydrogène (en particulier à droite la raie 4861 Hβ).

(solution N). Toutes les conditions de courant (40 milliampères), de temps de pose (5 minutes), d'éclairement de la fente étant restés constants, le noircissement de la raie 2798 se traduit, en fonction du logarithme de la concentration en manganèse, suivant une courbe régulière assez voisine d'une droite. Si l'on vient à ajouter une substance (magnésium) émettant des radiations proches de la radiation 2798, l'intensité de cette dernière n'est pas modifiée à condition d'opérer en présence d'une grande quantité de chlorure d'ammonium (N à 3N).

On voit qu'il y a, dans ces séries d'expériences, des phénomènes constants faciles à reproduire, qui nous poussent à chercher par voie spectroscopique une mesure de la concentration des solutions métalliques.

SPECTROSCOPIE. — *Spectre d'absorption de l'ammoniac dans le très proche infrarouge* (6000 Å-9500 Å). Note de MM. **Georges Costeanu** et **Pierre Barchewitz**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous avons étudié, au moyen d'un spectrographe enregistreur à cellule photoélectrique ([1]), le spectre d'absorption de l'ammoniac liquéfié, gazeux et en solution dans l'eau. Nous avons obtenu sur nos enregistrements les 3e et 4e harmoniques de la bande fondamentale située vers 3µ. Cette étude permet de compléter des travaux antérieurs ([2]).

Le Tableau suivant résume les résultats que nous avons obtenus.

NH^3 liquéfié à — 75°.		$NH^3 + H^2O$ à 50 %.		$NH^3 + H^2O$ à 20 %.	
λ(Å).	ν(cm⁻¹).	λ(Å).	ν(cm⁻¹).	λ(Å).	ν(cm⁻¹).
6370	15698 f				
6580	15197 I	6550	15266 I	6539	15291 I
7150	14000 f (b. c.)	7120	14045 f	7100	14084 f
7341	13622 f (b. c.)	7329	13644 f	7325	13622 f
7501	13330 i				
7797	12825 f	7762	12883 f	7750	12903 f
8030	12451 I	7998	12503 I	7995	12508 I
8320	12019 i				
8986	11128 f (b. c.)	8956	11166 f	8941	11184 i
9159	10918 f (b. c.)	9127	10957 f		
9370	10670 f (b. c.)	9320	10727 f		

$NH^3 + H^2O$ à 2 %.		Gaz NH^3.	
λ(Å).	ν(cm⁻¹).	λ(Å).	ν(cm⁻¹).
7712	12966 i	7874	12700
7963	12558 f	7916	12632

I, bande intense; f, bande faible; i, inflexion; (b. c.), bande de combinaison.

Nous avons étudié à —75° l'ammoniac liquéfié dans un tube vertical dont la face inférieure est argentée, ce tube est placé dans un Dewar rempli de neige carbonique et d'alcool. La lumière venant de la source se réfléchit sur la face inférieure du tube grâce à un ensemble de deux miroirs inclinés à 45° sur l'horizontale et est à nouveau

([1]) P. Barchewitz et A. Naherniac, *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 300.

([2]) G. Costeanu, R. Freymann et A. Naherniac, *Comptes rendus*, **200**, 1935, p. 819; Yung et Gude, *Z. phys. Chem.*, B **18**, 1932, p. 380.

dirigée sur la fente du spectrographe. L'épaisseur utile de liquide traversé est dans ces conditions de 22^{cm}.

L'ammoniac liquéfié à 0° a été étudié dans une cuve de 5^{cm} d'épaisseur, les solutions sous des épaisseurs de 50 à 100^{cm} et le gaz à la température ordinaire sous une épaisseur de 1^{m} et une pression de 4^{atm}.

La comparaison des spectres obtenus à -75° et 0° montre un déplacement à peu près général des bandes de 28 Å environ vers les courtes longueurs d'onde, la bande à 8030 Å devient plus fine (largeur 100 Å) et plus intense. En solution dans l'eau le spectre se déplace vers les courtes longueurs d'onde, ce déplacement est d'autant plus grand que la concentration est plus faible. Aux très faibles concentrations (0,5 pour 100 environ) seule la bande de 8030 Å reste visible.

Signalons que la bande très intense de l'eau vers 7420 Å n'apparaît pas pour les solutions concentrées à 50 pour 100 et est à peine visible pour les solutions à 20 pour 100.

Pour le gaz n'apparaît que la bande correspondant à 8030 Å de l'ammoniac liquéfié, déplacée vers les courtes longueurs d'ondes. Nos enregistrements indiquent un commencement de structure fine.

Essai de classification des bandes de l'ammoniac liquéfié. L'étude des spectres nous montre l'existence d'un groupe de quatre bandes (comme dans la région de 9500-12000 Å), qui peuvent correspondre aux quatre raies Raman (¹).

La plus intense (8030 Å) subsiste en solution aqueuse jusqu'aux plus faibles concentrations, elle existe seule pour NH^3 gazeux et peut être identifiée avec la bande de 3300 cm^{-1} de l'effet Raman; elle correspondrait à une fréquence ν de valence symétrique.

Signalons de plus l'existence possible d'une autre bande qui apparaît sur nos enregistrements comme un point d'inflexion très faible vers 13088 cm^{-1}.

Cinq autres bandes (b. c., voir le Tableau) sont visibles sur nos enregistrements, on ne peut pas les classer comme des bandes harmoniques mais comme des bandes de combinaison entre les fréquences de valence et l'une ou l'autre des deux fréquences de déformation possibles pour NH^3.

La bande la plus intense (bande I) et ses harmoniques seraient bien réprésentés par la formule de Kratzer

$$\nu_n = 3406\,n - 73,3\,n^2$$

(¹) G. Costeanu, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 432.

(n étant l'ordre de l'harmonique, le fondamental étant affecté de l'indice 1). Une autre bande (bande II) (probablement à 3380 cm⁻¹ dans l'effet Raman) est bien représentée par une formule semblable

$$\nu_n = 3475\,n - 68\,n^2.$$

Ordre de l'harmonique.	Bande I.		Bande II.	
	ν calc. (cm⁻¹).	ν obs. (cm⁻¹).	ν calc. (cm⁻¹).	ν obs. (cm⁻¹).
1..........	3333	3300 (Raman)	3407	3380 (Raman)
2..........	6523	?	6814	?
3..........	9561	9568	9813	9806
4..........	12450	12451	12812	12823
5..........	15198	15197	15675	15674

Le spectre d'absorption de NH^3 dans la région de 3μ pourrait apporter de précieux renseignements pour la classification des autres bandes.

SPECTROSCOPIE. — *Spectres d'absorption infrarouges et modes de vibration de composés organiques possédant une liaison éthylénique.* Note de M. **Jean Lecomte**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nos deux spectromètres enregistreurs ([1]) nous ont servi à mesurer, entre les fréquences de 510 et 1450 cm⁻¹ environ, les spectres d'absorption d'une quarantaine de composés organiques possédant une liaison éthylénique. Ces dérivés ont été préparés par M. Raymond Delaby ([2]). Pour faciliter les interprétations de ces spectres, nous y joindrons ceux de composés allyliques. La presque totalité de ces corps n'avait pas été étudiée dans notre région spectrale, où une couche de quelques centièmes de millimètres suffit pour faire apparaître les bandes d'absorption.

I. *Dérivés allyliques. — Dans la région des fréquences inférieures à* 1000 cm⁻¹, on peut faire abstraction des vibrations C — H et adopter un « modèle moléculaire à quatre masses » : $(CH^2){=}(CH){-}(CH^2){-}X$, avec $X = NH^2$, OH, CN, Cl, Br, I. Les six fréquences fondamentales de ce modèle ne suffisent pas à expliquer l'apparition des bandes infrarouges ou des raies Raman. Ceci nous conduit, comme nous l'avions fait pour les dérivés saturés correspondants ([3]), à admettre *l'existence de deux formes*

([1]) *Comptes rendus,* **189**, 1929, p. 155 et **196**, 1933, p. 1101.
([2]) *Comptes rendus,* **203**, 1936, p. 1521.
([3]) *Comptes rendus,* **202**, 1936, p. 1918.

moléculaires. Leurs modes de vibration, qui ont été donnés précédemment (¹), sont ici tous actifs, à la fois dans le spectre de diffusion et dans l'absorption infrarouge. Pour les vibrations fondamentales qui tombent dans notre région, nous pouvons ainsi confirmer et compléter, de la manière suivante, les résultats de Kohlrausch (²) sur l'effet Raman.

	$\omega_5 \omega'_5$.	$\omega_2 \omega'_2$.		$\omega_4 \omega'_4$.	
NH^2	639 (*)	824	864	910	975 cm^{-1}
OH.........	632 (*)	817	858	942	1008
CN.........	565	632	870	918	965
S...........	548	584 600	732 748	905	970
Cl..........	511	590	728	931	970
Br..........	–	533	684	926	975
I...........	–	env. 500	666	909	975

(*) D'après les mesures de l'effet Raman (²), le signe - indique que les fréquences tombent en dehors de notre domaine spectral.

Les nombres de la dernière colonne correspondent à des vibrations presque inactives dans l'effet Raman. Inversement, les fréquenees 639 et 632 cm^{-1} de l'allyl-amine et de l'alcool allylique n'apparaissent pas dans l'infrarouge. Rappelons que, pour les dérivés dihalogénés symétriques de l'éthane, ω'_2 est inactif dans l'infrarouge et ω'_4 ne donne pas de raie Raman (¹).

Dans la région des fréquences supérieures à 1000 cm^{-1}, nous nous bornerons à signaler une bande infrarouge très forte qui varie de 1290 à 1145 cm^{-1} en passant de l'allyl-amine à l'iodure d'allyle et qui provient d'une vibration de la molécule à laquelle prennent part C, H et le substituant X.

II. Nous avons étudié 13 alcools secondaires $CH^2 = CH - CHOH - R$, 2 alcools primaires $CH^2OH - CH = CH - R$, 3 alcools secondaires $C^6H^5 - (CH^2)^n - CHOH - CH = CH^2$, les *o*- et *p*-vinyl-tolyl-carbinols, le vinylcyclohexyl-carbinol, 12 bromures $CH^2Br - CH = CH - R$, 11 nitriles $CN - CH^2 - CH = CH - R$ et 6 acides $COOH - CH^2 - CH = CH - R$ (le radical R correspondant, dans tous les cas, à des chaînes ayant de 1 à 12 atomes de carbone).

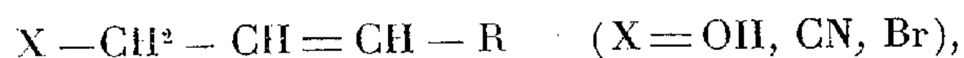
Quand on compare, dans l'une de ces séries, les spectres des homologues successifs, on voit qu'ils ne sont pas semblables, mais assez voisins. Par contre, sont complètement différentes les absorptions infrarouges d'isomères comme celles du vinyl-propyl et du vinyl-isopropyl-carbinol, ou des

(¹) *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 50.
(²) *Zts. phys. Chem.*, B 29, 1935, p. 292.

nitriles de β-propyl-allyle et β-isopropyl-allyle. Nous avons reconnu également que les spectres des acides non saturés βγ se présentaient comme entièrement différents de ceux des γ-lactones qui seront donnés dans un autre recueil.

Toutes les fois que nous avons pu comparer les spectres de ces composés non saturés avec ceux des dérivés saturés correspondants, nous avons reconnu que la liaison éthylénique (en dehors d'une bande infrarouge faible et souvent douteuse vers $1650\,\mathrm{cm}^{-1}$, vibration $C=C$), exerce une action importante, aussi bien sur la position que sur l'intensité des maxima *dans tout le spectre* des alcools, des nitriles et des bromures (dans le cas des acides non saturés, son action, quoique certaine, reste moins nette). Ainsi, alors que les alcools saturés aliphatiques possèdent deux maxima très forts vers 1040 et $1120\,\mathrm{cm}^{-1}$, suivant qu'ils sont primaires ou secondaires, ces caractéristiques ne se retrouvent plus dans les spectres des alcools non saturés. Les vibrations de valence $C-Br$ qui se traduisent, pour les termes saturés, par deux bandes très fortes vers 560 et $645\,\mathrm{cm}^{-1}$, sont déplacées vers 585-595 et $725\text{-}735\,\mathrm{cm}^{-1}$. Particulièrement remarquables apparaissent, dans les spectres des dérivés non saturés (alcools, nitriles, bromures et peut-être acides), deux maxima très forts, entre 900 et $1000\,\mathrm{cm}^{-1}$ qui manquent pour les termes saturés et qui se montrent peu influencés par les substitutions comme par l'allongement de la chaîne carbonée. Ces bandes se trouvaient également dans les spectres de carbures éthyléniques à chaîne droite que nous avions étudiés antérieurement. Ces résultats conduisent à penser que les positions et les intensités des bandes d'absorption dépendent non seulement de la masse des groupements substitués, mais encore d'autres facteurs, probablement de nature électrique, qui jouent un rôle considérable dans le cas des composés non saturés.

Par analogie avec ce qui précède, nous admettrons qu'il existe deux formes moléculaires distinctes. Pour les composés du type



$$X-CH^2-CH=CH-R \quad (X=OH,\ CN,\ Br),$$

les fréquences, en cm^{-1}, des vibrations symétriques (ω'_2 et ω'_2) se placent vers 770-790 et 844-865 pour l'alcool, vers 725 et 840 pour le nitrile, et vers 585-595 pour le bromure. Les fréquences antisymétriques (ω_4 et ω'_4), en cm^{-1}, se trouvent vers 890-905 et 970 pour l'alcool, vers 925 et 960 pour le nitrile et vers 920-925 pour le bromure.

MÉCANIQUE. — *Sur les accouplements au moyen d'embrayages à glissement permanent.* Note de M. **Joseph Bethenod**, transmise par M. André Blondel.

Il y a une quarantaine d'années, la théorie des accouplements élastiques à ressorts entre un moteur à pistons avec volant et un récepteur possédant lui-même un certain moment d'inertie a été étudiée par M. Ch.-Éd. Guillaume [1] et par M. A. Blondel [2], qui ont montré la façon dont on doit dimensionner les ressorts pour réduire l'amplitude des oscillations de vitesse. Maintenant, on peut recourir sur les véhicules automobiles à un autre moyen déduit d'une invention relative aux embrayages.

Récemment, en effet, on a songé à utiliser, sur certains véhicules automobiles sur route et sur rail, un embrayage hydraulique ou électromagnétique qui laisse subsister un léger glissement entre l'arbre du moteur à combustion interne et l'arbre primaire de la boîte de vitesses. Avec un tel embrayage, qui possède notamment une remarquable progressivité, le couple transmis après démarrage est sensiblement de la forme $K(\Omega - \omega)$, en appelant K une constante, Ω et ω les vitesses respectives de l'arbre moteur et de l'arbre primaire. (La différence entre ces vitesses est d'ailleurs très petite en marche normale.)

Si l'on suppose que le couple moteur se compose d'un couple constant C et d'un couple variant périodiquement suivant une loi harmonique et ayant pour amplitude ΔC, un calcul très simple permet d'évaluer l'amplitude correspondante $\Delta\omega$ de la vitesse de l'arbre primaire de la boîte de vitesses

$$\Delta\omega = \frac{\Delta C}{\sqrt{(M+m)^2\alpha^2 + \frac{M^2 m^2 \alpha^4}{K^2}}}, \tag{1}$$

en désignant par M et m les moments d'inertie respectifs des arbres menant et mené et par α la vitesse de pulsation du couple variable.

Le cas particulier de l'accouplement absolument rigide correspond à $K = \infty$. La formule (1) permet donc de se rendre compte de la réduction de l'amplitude $\Delta\omega$ de la variation de la vitesse ω réalisé par l'emploi d'un embrayage hydraulique (ou analogue), conformément à l'expérience. On

(1) *Bulletin de la Société Internationale des Électriciens,* **11**, 1894, p. 503.
(2) *Ibid.*, **12**, 1895, p. 18.

peut calculer tout aussi aisément l'amplitude $\Delta\Omega$ de la variation de vitesse cyclique de l'arbre du moteur

$$\Delta\Omega = \frac{\Delta C \sqrt{1 + \frac{m^2 \alpha^2}{K^2}}}{\sqrt{(M+m)^2 \alpha^2 + \frac{M^2 m^2 \alpha^4}{K^2}}}. \tag{2}$$

Cette variation est *minimum* dans le cas de l'accouplement absolument rigide ($K = \infty$), les amplitudes $\Delta\omega$ et $\Delta\Omega$ étant alors identiques.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la conductibilité thermique des carbures gazeux saturés à basse pression.* Note [1] de M. **René Delaplace**, présentée par M. Jean Perrin.

Un tube métallique à parois épaisses contient un filament constitué par une chaîne thermoélectrique de rubans de nichrome et de constantan. Les soudures froides sont reliées à la paroi externe du tube, les soudures chaudes baignent dans le gaz étudié et sont disposées dans l'axe du tube. Si un courant alternatif parcourt cette chaîne le filament qui la constitue s'échauffe et l'on mesure une différence de potentiel à ses extrémités. La température de ce filament est fonction, pour un courant de chauffage constant, de la conductibilité du milieu ambiant, c'est-à-dire de la pression du gaz dans le tube; réciproquement une pression connue dans l'appareil de mesure définit la conductibilité du gaz pour un chauffage déterminé.

La conductibilité thermique relative des différents gaz a été étudiée pour des pressions qui ont varié entre une barye et 400 baryes ($1/1000^{mm}$ à $0^{mm},30$ de Hg environ).

Ces pressions étaient exactement connues en introduisant dans l'appareil des volumes soigneusement mesurés des gaz étudiés. Les volumes ont varié entre $0^{cm^3},08$ et 4^{cm^3} environ.

Les gaz suivants : hydrogène (3/4 ortho 1/4 parahydrogène), méthane, éthane, propane, butane, isobutane ont été préparés à l'état de pureté par les meilleures méthodes chimiques et physiques connues. En particulier le méthane, l'éthane, le propane et l'isobutane furent obtenus par la méthode générale de P. Lebeau [2], c'est-à-dire par réaction du dérivé monoha-

---

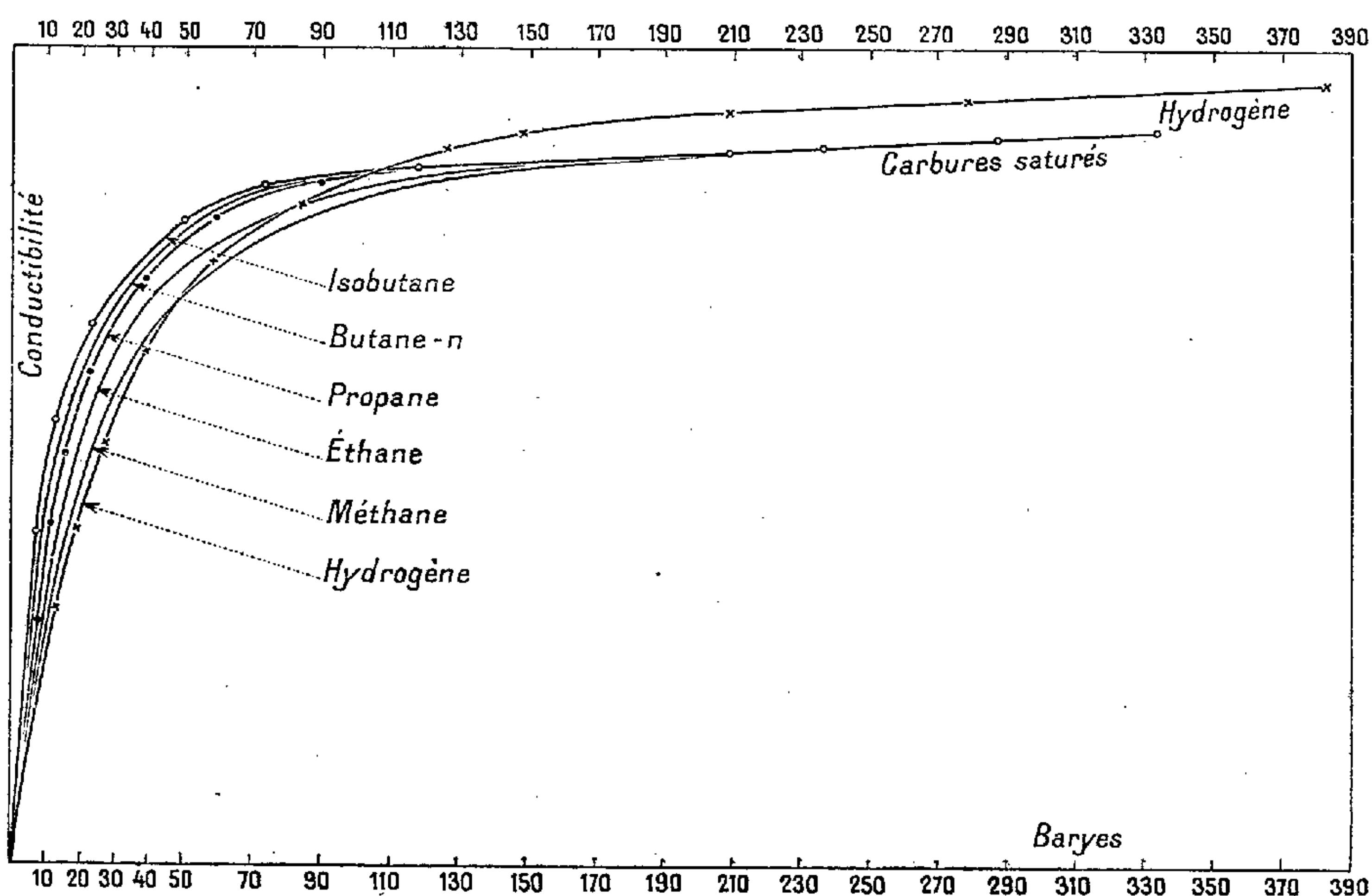
[1] Séance du 14 décembre 1936.

[2] *Comptes rendus*, **140**, 1905, p. 1042.

logéné du carbure cherché sur le sodammonium en solution dans NH^3 liquide. Le butane normal a été préparé par réaction de l'iodure d'éthyle sur le sodium à 0° en présence d'un catalyseur approprié $2(C^2H^5) \rightarrow C^4H^{10}$.

Tous ces gaz furent purifiés suivant la méthode générale de P. Lebeau et A. Damiens ([1]). Leur combustion endiométrique a donné des résultats vérifiant les combustions théoriques.

L'ensemble de courbes ci-dessous montre que :



1° pour tous les gaz étudiés, conformément à la théorie cinétique des gaz, la conductibilité thermique est pratiquement indépendante de la pression au-dessus de 200 baryes;

2° pour des pressions comprises entre 1 barye et 200 baryes, les carbures saturés homologues du méthane présentent des conductibilités thermiques qui sont d'autant plus grandes que leur poids moléculaire est lui-même plus grand;

3° au-dessus de 200 baryes la conductibilité thermique des carbures saturés demeure sensiblement la même, quels que soient la pression et le poids moléculaire;

4° le butane et l'isobutane, dont les poids moléculaires sont les

([1]) *Ann. de Chimie*, 9e série, 8, 1917, p. 1.

mêmes, ont des conductibilités thermiques voisines, mais cependant nettement différentes; ce qui confirme l'hypothèse qu'indépendamment du poids moléculaire et de la chaleur spécifique à volume constant, la structure de l'édifice moléculaire intervient dans les échanges thermiques entre les molécules et les parois;

5° aux pressions comprises entre 1 barye et 50 baryes la conductibilité thermique de l'hydrogène est beaucoup plus faible que celle du méthane et de ses homologues (ceci confirme un fait signalé par F. Soddy et A.-J. Berry pour le méthane) (¹).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur le ralentissement de la solidification thixotrope par les acides aminés.* Note (²) de M. **Wilfried Heller**, présentée par M. Aimé Cotton.

H. Freundlich et A. Rosenthal (³) ont trouvé que les acides aminés, ajoutés aux sols thixotropes d'oxyde de fer, augmentent considérablement le temps ϑ de la solidification isotherme et réversible. L'effet de ralentissement est de beaucoup supérieur à celui exercé par certains autres corps. De plus il se manifeste dans ce cas, jusqu'à présent unique, malgré une diminution sensible, provoquée par l'addition des acides en question, du c_H des sols. Or une diminution pareille provoque toujours à elle seule, dans les sols d'oxyde de fer thixotropes, une diminution de ϑ. On a tenté de lever cette difficulté en admettant (⁴) que l'adsorption, sur les particules, d'un complexe ferrique d'acide aminé les rend plus hydrophiles, ce qui en fait pourrait contrecarrer l'effet de sensibilisation produit par la baisse du c_H. Mais on se heurte encore au fait que des complexes semblables constitués par des sucres avec le fer produisent un effet retardateur infiniment moins marqué et cela malgré une augmentation, dans ces autres cas, du c_H des sols.

Nous nous occupons ici de la question de savoir ce qui conduit matériellement au phénomène d'augmentation de ϑ. En partant des considérations faites dernièrement (⁵), on arrive en fait à une alternative : ou bien

(¹) *Proc. of Royal Soc.*, A **83**, 1909, p. 254.
(²) Séance du 14 décembre 1936.
(³) *Zeitschr. für physikal. Chemie*, **121**, 1926, p. 463.
(⁴) H. Freundlich et K. Söllner, *Koll. Zeitschr.*, **45**, 1928, p. 348.
(⁵) *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 61.

la formation et l'évolution des géloïdes se trouve gênée, ou bien ceux-ci, évolués librement, n'arrivent que plus difficilement à se réunir au réseau. Sans vouloir aborder le problème de la rhéopexie [1], on peut dire que dans ce deuxième cas les sols présenteraient des systèmes au moins apparentés à ceux des sols rhéopectiques. Or des expériences faites, en commun avec M. K. Roeder, dans cette direction, montraient que les sols d'oxyde de fer additionnés de glycocolle ne deviennent pas rhéopectiques. L'autre possibilité indiquée a été examinée en appliquant la méthode de centrifugation décrite dans la Note antérieure. Le résultat est donné dans la figure 1 où la courbe I se rapporte au sol thixotrope inaltéré et la

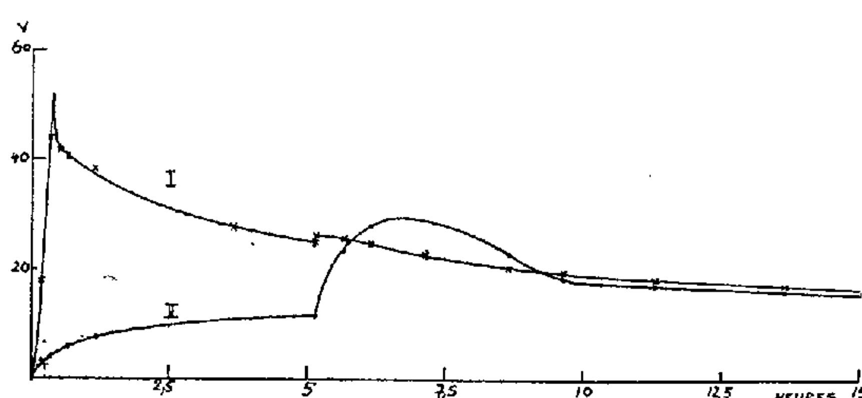


Fig. 1.

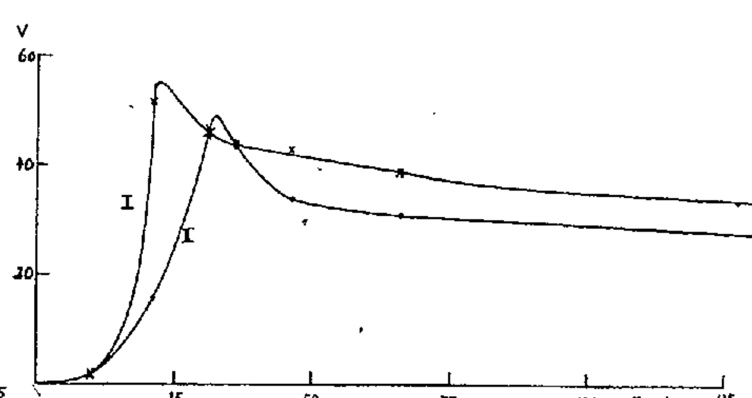


Fig. 2.

courbe II au même sol mais contenant 30,4 μ/mol de glycocolle par litre (la concentration en fer était dans les deux cas 0,76 pour 100). Les centrifugations commençaient immédiatement après la liquéfaction des gels par agitation.

Les ordonnées donnent, en pour 100 du volume de la liqueur entière, le volume V de la phase thixotrope formée au milieu des sols par baropexie. Les abscisses indiquent la durée globale des centrifugations ($7,2 \times 10^5$ dynes/g), celles-ci ayant été interrompues durant 5 à 10 minutes pour les diverses observations et arrêtées durant 14 heures et demie après une centrifugation globale de 5 heures 9 minutes.

Le sol contenant le glycocolle se distingue donc par un ralentissement considérable de l'*évolution* qui amène les géloïdes jusqu'à une grosseur telle qu'ils obéissent à la force centrifuge. Les temps après lesquels le volume des phases thixotropes évoluées devient maximum sont approximativement dans le même rapport que les temps ϑ mis par les sols abandonnés à eux-mêmes pour se solidifier (respectivement 88 minutes et plus de 16 heures).

Si l'évolution des géloïdes se trouve ainsi singulièrement gênée par le glycocolle, la *disposition* des particules à former les géloïdes n'apparaît pas

---

[1] H. Freundlich et F. Juliusburger, *Trans. Farad. Soc.*, 31, 1935, p. 920.

très amoindrie. Le pourcentage des particules du sol réunies finalement dans le gel déposé est à une petite différence près, le même dans les deux cas (concentration des sols résiduels en Fe : I, 0,019 pour 100; II, 0,035 pour 100). Autre fait qui montre l'importance primordiale du retard causé à l'évolution des géloïdes : si, après une centrifugation de 90 minutes seulement, on sépare les phases thixotropes des liqueurs surnageantes on obtient des systèmes thixotropes d'un ϑ de 6 minutes et de 80 minutes respectivement. Le ralentissement de ϑ garde donc le même ordre de grandeur si l'on compare ces gels baropectiques constitués uniquement par des particules dont la disposition à la formation des géloïdes est indiscutable.

La figure 2 montre qu'on observe un ralentissement de l'évolution des géloïdes analogue en ajoutant des sucres au sol thixotrope de départ. Mais leur action est beaucoup plus petite. La figure 2 se rapporte à un sol thixotrope contenant 19,4 μ/mol de glucose par litre qui augmentait le ϑ de 88 à 110 minutes. Les autres sucres que nous avons étudiés (le saccharose et l'arabinose) donnent à peu près le même effet. Ils ne se distinguent que par des différences relativement petites des temps ϑ et des temps après lesquels apparaît le maximum des courbes de centrifugation. On observe par exemple pour le sol contenant 20 μ/mol d'arabinose par litre une augmentation de ϑ de 88 à 195 minutes.

PHYSICOCHIMIE. — *Étude quantitative de l'intensité et de la dépolarisation de quelques raies Raman émises par les mélanges sulfonitriques.* Note (¹) de M. **Jean Chédin**, présentée par M. Charles Fabry.

Nous avons repris et complété l'analyse des mélanges sulfonitriques $HNO^3 - H^2SO^4 - H^2O$ dans le domaine des faibles concentrations en eau. On détermine à partir des mesures de densité de noircissement de la raie Raman $\Delta\nu = 1400$ cm^{-1} de l'anhydride nitrique N^2O^5, les intensités d'émission de cette raie pour les divers mélanges. On en déduit les quantités de N^2O^5 présentes dans chaque mélange. Il est indispensable, pour confirmer ces mesures, d'étudier le facteur de dépolarisation de la raie $\Delta\nu = 1400$ cm^{-1}; dans tout le domaine d'existence de la raie, ce facteur a été trouvé constant à l'approximation près des mesures.

(¹) Séance du 7 décembre 1936.

I. *Mesures quantitatives des intensités d'émission de la raie* $\Delta\nu = 1400\ cm^{-1}$ *de* N^2O^5. — La méthode a été exposée dans le cas des binaires $HNO^3 - H^2SO^4$ (¹). Le domaine ternaire a été exploré par séries de mélanges à taux donné α d'acide nitrique. Les spectres d'une série S_α de mélanges contenant tous α pour 100 de HNO^3 sont pris dans des conditions identiques sur un même cliché. Les mélanges M_α^0, M_α^x, ... qui la composent contiennent respectivement 0, x, ... pour 100 d'eau et $100-\alpha$, $100-\alpha-x$, ... pour 100 de H^2SO^4.

On connaît par l'étude des mélanges binaires la quantité de N^2O^5 contenue dans 100^g de M_α^0. Pour déterminer le taux de N^2O^5 des mélanges M_α^x, il suffit de comparer les intensités d'émission de la raie $1400\ cm^{-1}$ de leurs spectres à celle du spectre du mélange M_α^0. La comparaison se fait par l'intermédiaire de la courbe de noircissement de la plaque pour la longueur d'onde envisagée. Celle-ci s'obtient à partir de spectres continus affaiblis dans les rapports connus que l'on produit sur le même cliché. Toutes les poses d'un même cliché ont même durée, 2 à 3 heures selon les séries. L'excitation est faite par $\lambda = 4358$ Å du mercure. La lumière est filtrée par une solution de $NaNO^2$ changée après chaque pose. Considérons le sulfonitrique dont la composition pondérale est

$$a\,HNO^3 + b\,H^2SO^4 + (100 - a - b)\,H^2O.$$

Soit x la quantité de HNO^3 déshydraté ainsi mesurée, sa composition réelle est

$$(a-x)NO^2-OH + x\frac{108}{126}N^2O^5 + \left[b\,H^2SO^4 + 100 - a - b + x\frac{18}{126}\right]H^2O.$$

Les valeurs de x correspondant aux mélanges binaires ont été données dans la Note citée (¹). Sans les répéter ici, signalons que deux chiffres de ce tableau sont erronés et qu'il faut lire respectivement en face des mélanges à 15 pour 100 et 20 pour 100 de HNO^3,

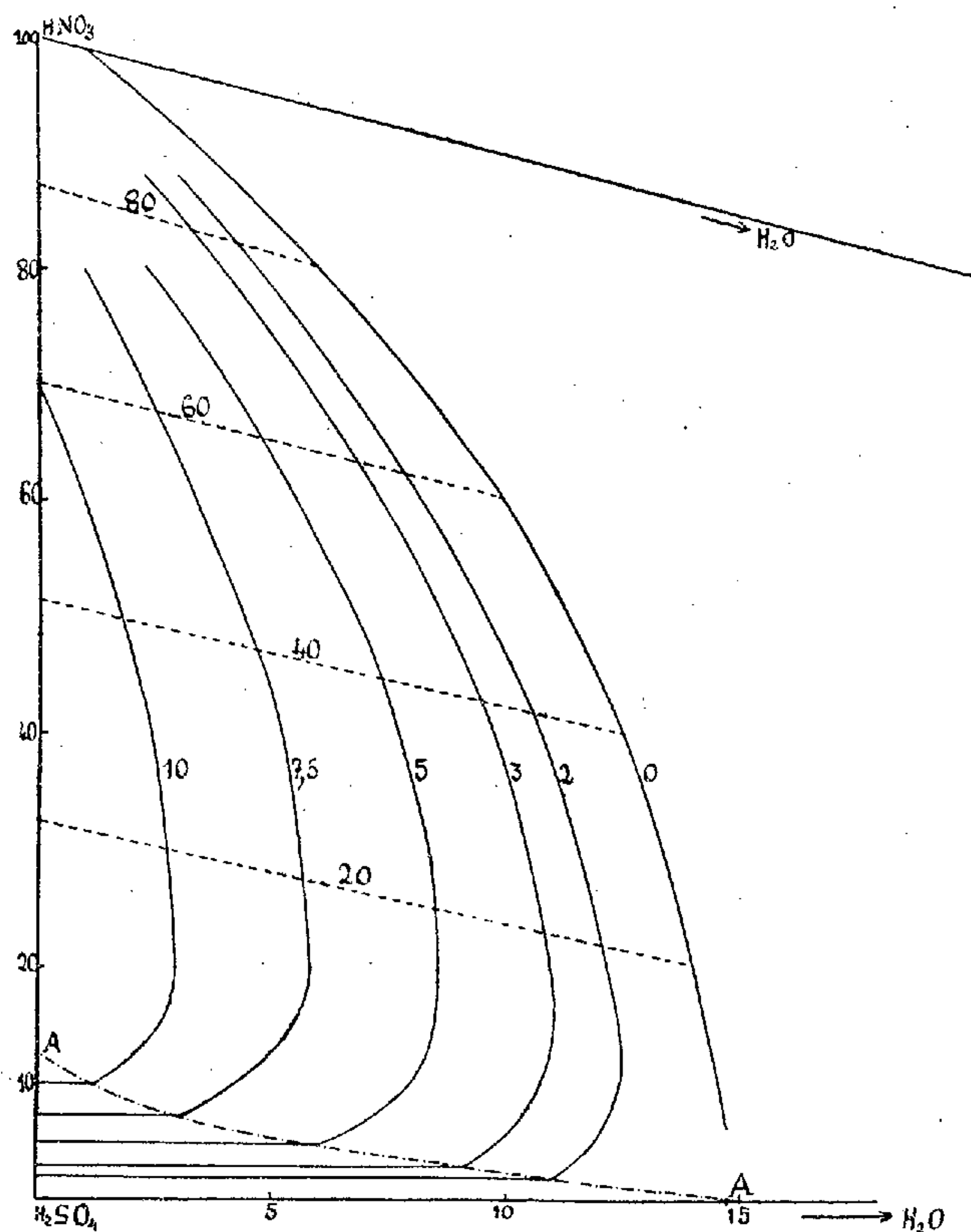
HNO^3 déshydraté 12; 12 ½; HNO^3 libre 3; 7 ½.

Pour les mélanges ternaires nous avons choisi comme système de représentation le triangle rectangle, l'échelle est la même pour les quantités de HNO^3 et H^2SO^4, elle est plus grande pour celles d'eau.

La figure représente la surface des taux d'acide nitrique déshydraté

(¹) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1067.

contenu dans 100g de mélange (lignes de niveau à 0, 2, 3, 5, 7,5 et 10g d'acide nitrique déshydraté dans 100g de mélange). On constate en particulier que la ligne 0, lieu des mélanges où tout l'acide nitrique est sous la forme d'acide anhydre NO^2-OH est fortement incurvée. Donc, selon les concentrations, l'acide nitrique à 100 pour 100 coexiste avec des acides sulfuriques de concentrations variables comprises entre 70 pour 100 et



85 pour 100. Sur le même diagramme, les lignes pointillées sont les courbes de niveau de la surface des taux d'acide nitrique NO^2-OH non déshydraté qui subsiste dans chaque mélange.

Ces lignes sont à peu près parfaitement rectilignes et parallèles au côté HNO^3-H^2O. En dessous de la ligne AA tout le HNO^3 contenu dans les mélanges est déshydraté.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Mesure absolue de la lumière diffusée par le benzène liquide.* Note de M. **Pierre Peyrot**, présentée par M. Marcel Delépine.

J'ai déterminé la valeur absolue de l'intensité de la lumière diffusée par le benzène liquide, en comparant par photographie la brillance de la lumière diffusée par le benzène à la brillance d'un prisme à réflexion totale en verre éclairé dans des conditions identiques. Pour cette comparaison, on a réduit dans un rapport connu la brillance la plus intense par l'emploi de gélatines neutres et d'un système de trois polariseurs. Les clichés ont été étudiés au microphotomètre enregistreur. On calcule la valeur du rapport R de Lord Rayleigh après avoir mesuré la profondeur du liquide éclairé, l'angle solide du faisceau lumineux incident au point où se fait l'observation et la densité des gélatines neutres. Les détails expérimentaux de cette détermination seront bientôt donnés dans une autre publication.

J'ai ainsi obtenu avec le benzène $R = (34,8 \pm 2,3).10^{-6}$ cm^{-1} pour la longueur d'onde de 4358 Å et pour la température de 24° C.

Martin et Lehrman [1] avaient obtenu avec l'éther

$$R\ (\text{éther}) = 9,2.10^{-6}\ \text{cm}^{-1}$$

pour la même longueur d'onde et à une température d'environ 20°.

Comparant d'autre part l'intensité de la lumière diffusée par le benzène et par l'éther, j'ai obtenu le rapport 3,57. La nouvelle mesure de R sur le benzène est donc en assez bon accord avec l'ancienne mesure de Martin et Lehrman sur l'éther qui donnerait pour le benzène à une température voisine de 24°, $R = 33,7.10^{-6}$ cm^{-1}.

Les formules théoriques qui représentent l'intensité de la lumière diffusée par les liquides peuvent être ramenées, semble-t-il, au type suivant :

$$R = \frac{\pi^2}{2\lambda^4}\frac{R_1 T}{N}\beta f(\lambda)\frac{6(1+\rho)}{6-7\rho},$$

où R_1 est la constante des gaz parfaits, T la température absolue, β le coefficient de compressibilité isotherme du liquide, ρ le facteur de dépolarisation, λ la longueur d'onde, et N le nombre d'Avogadro. Dans la formule

(1) *Journ. Phys. Chem.*, 26, 1922, p. 75.

bien connue de Vessot-King [1], $f(\lambda) = (\mu^2 - 1)^2$, μ étant l'indice de réfraction du liquide pour la longueur d'onde λ.

On trouvera dans le tableau suivant la valeur expérimentale à 20°C. du rapport de Lord Rayleigh pour quelques liquides éclairés par la radiation 4358 Å. J'ai déterminé dans chaque cas le facteur ρ et le rapport R/R (benzène), d'où j'ai tiré R; en face des valeurs expérimentales, on lira les valeurs tirées de la formule de Vessot-King.

	ρ.	Intensité relative au benzène.	$R \times 10^6$ expérimental.	$R \times 10^6$ théorique.
Eau	0,088	0,054	1,84	1,92
Alcool méthylique	0,049	0,146	4,93	4,56
Alcool éthylique	0,056	0,178	6,01	5,25
Alcool propylique *n*	0,058	0,180	6,08	5,43
Alcool isopropylique	0,039	0,168	5,67	5,56
Alcool butylique *n*	0,075	0,191	6,45	5,64
Alcool isobutylique	0,055	0,182	6,15	5,90
Alcool allylique	0,226	0,274	9,26	9,58
Propanone	0,169	0,235	7,94	7,32
Paraldéhyde	0,149	0,200	6,76	6,77
Acide acétique	0,387	0,303	10,2	10,2
Benzène	0,420	1	33,8	25,1
Toluène	0,480	1,12	37,8	28,0
m-xylène	0,506	1,30	43,9	29,5

Les liquides de la série aromatique diffusent plus de lumière que ne le prévoit la formule de Vessot-King. Pour les autres liquides, au contraire, les valeurs expérimentales s'accordent assez bien avec les valeurs théoriques tirées de cette formule. Si l'on admet la formule de Vissot-King, on peut tirer de mes mesures le nombre d'Avogadro; on trouve la valeur moyenne $N = (5,8 \pm 0,4).10^{23}$.

Turner [2] avait déjà signalé que la formule de Vessot-King ne traduisait pas les variations de l'intensité de la lumière diffusée par le benzène. Le rapport entre l'intensité de diffusion de la radiation 4358 Å et celle de la diffusion de la radiation 5500 Å est plus grand d'environ 25 pour 100 que ne l'indique la formule. On sait que Cabannes et Daure [3] ont comparé la diffusion par le benzène liquide et le chlorure d'éthyle

(1) J. Cabannes, *La diffusion moléculaire de la lumière*, Paris, 1929.

(2) *Inaug. Dissertation, Philosophie Facultät Berlin*, **10**, 1935, p. 5.

(3) *Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 520.

gazeux de la radiation 5440 Å. En tenant compte des résultats expérimentaux de Turner, on peut déduire de la comparaison de Cabannes et Daure le rapport de Lord Rayleigh; on trouve la valeur $36,5.10^{-6}\,\mathrm{cm}^{-1}$ assez voisine de la mienne.

En résumé la formule de Vessot-King paraît représenter assez bien la diffusion de la lumière visible pour les liquides acycliques que j'ai étudiés; pour les liquides aromatiques, la diffusion croît plus vite avec la fréquence excitatrice que ne l'indique cette formule.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Action de diverses additions en faible proportion sur la corrosion marine de l'acier extra-doux.* Note (1) de MM. **Albert Portevin** et **Eugène Herzog**, présentée par M. Léon Guillet.

Nous avons défini et précisé (2) un certain nombre de conditions à satisfaire dans les essais de corrosion aqueuse et marine pour que l'on puisse aborder l'étude comparative de l'influence des faibles quantités d'éléments ajoutés à l'acier.

Les résultats des essais de corrosion, exécutés ainsi avec les appareils à immersions alternées et à brouillard salin décrits (3), sont caractérisés par l'intensité de l'attaque (perte de poids après dérouillage), par son irrégularité (profondeur et volume des piqûres et cavités, appréciés par des méthodes pondérales, profil relevé par un appareil amplificateur enregistreur, perte des caractéristiques à l'essai d'emboutissage K. W. I), par la composition des produits de corrosion (analyse chimique et magnétique des oxydes formés) et par la mesure des variations du potentiel (sur éprouvettes à demi-immergées, en prenant la valeur du palier obtenu au bout de 15 jours).

La comparabilité des diverses séries d'essais était en outre contrôlée, comme nous l'avons préconisé (2), par des échantillons étalons et l'amélioration obtenue, caractérisant l'effet protecteur vis-à-vis de la corrosion, est exprimée par la diminution de la perte de poids trouvée par rapport à celle de l'étalon.

De cette étude d'ensemble, qui sera publiée ultérieurement ainsi que la

(1) Séance du 14 décembre 1936.

(2) A. Portevin et E. Herzog, *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 789.

(3) A. Portevin et E. Herzog, 14e *Congrès de Chimie Industrielle*, Paris, octobre 1934.

bibliographie, nous ne retenons ici que divers résultats relativement à l'action des éléments Al, Cr, Ni, Si, P; la corrosion étant qualifiée sur tôles recuites polies et dégraissées d'aciers préparés au four à haute fréquence.

La corrosion marine des aciers étudiés diminue même avec des faibles teneurs, de 1 à 2 pour 100, et l'effet protecteur, d'abord proportionnel à la teneur en éléments ajoutés (*fig.* 1), diminue ensuite pour se rapprocher d'une limite ou l'action protectrice est de l'ordre de 95 pour 100, vers 12-13 pour 100 pour l'aluminium et le chrome, et 30 pour 100 pour le

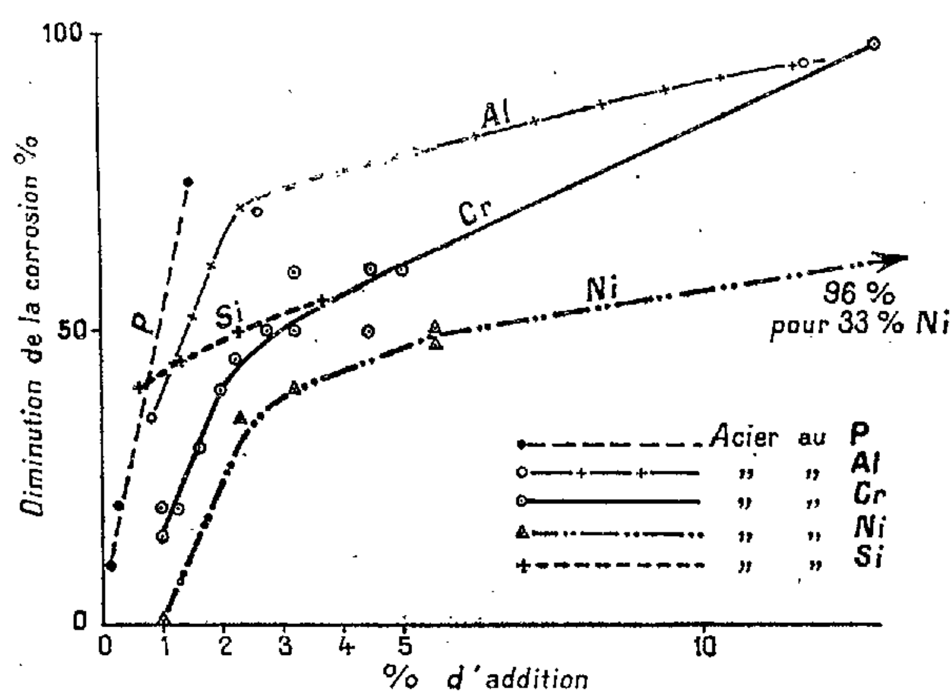


Fig. 1.

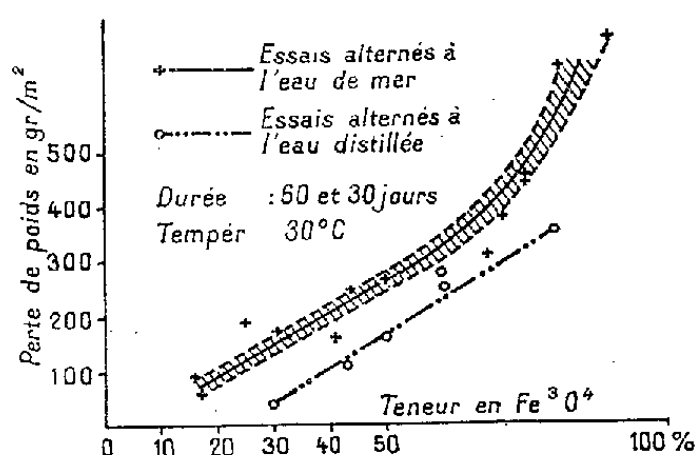


Fig. 2.

nickel. Les rapports des effets protecteurs des divers éléments envisagés ici, sont très approximativement en essais alternés :

$$P : Al : Cr : Si : Ni = 4 : 3 : 2 : 2 : 1.$$

L'efficacité de la protection est de moitié inférieure dans les essais au brouillard salin. Le caractère ponctuel de l'attaque est également à considérer : les additions de nickel, silicium, aluminium, phosphore, ne modifient pas le mode d'attaque de l'acier; le chrome provoque des irrégularités d'attaque en essais alternés, surtout vers 4 à 5 pour 100; au brouillard salin, par contre, il tend à uniformiser la corrosion.

Si l'on ajoute simultanément deux ou plusieurs de ces éléments, dans les limites des teneurs étudiées, les effets sont qualitativement cumulatifs et souvent même quantitativement additifs. Il faut signaler particulièrement les associations Al + Cr, Al + Cr + Si, Cr + Ni, Al + Cr + Ni, en raison de la fréquence des effets additifs.

Mais, dans le choix des additions pour les applications, il doit être tenu compte en outre de la répercussion sur la trempe (accroissement du pou-

voir trempant, exemple : Cr + Ni, ou diminution, exemple : Ti), sur les difficultés de laminage (exemple : P), de soudure (exemple : Al).

Analyse des produits de corrosion. — En essais alternés, les aciers peu attaqués donnent surtout de la rouille comme produits de corrosion, les aciers les plus corrodables montrent une proportion de $Fe^3O^4xH^2O$ croissant avec l'intensité de l'attaque. A l'endroit des piqûres des aciers à 5 pour 100 de chrome, on constate la formation de magnétite. La figure 2 montre la relation entre la teneur en Fe^3O^4 et la vitesse de corrosion.

Cet effet d'activation électrolytique de la magnétite est à rapprocher de celui de la couche oxydée, ou calamine, qui fait disparaître complètement l'action protectrice résultant des additions envisagées.

Potentiels de dissolution des aciers étudiés. — Le potentiel de l'acier extra-doux est modifié dans le sens positif avec les teneurs en Cr, Ni, et Al, la modification croît progressivement avec la teneur de ces éléments puis se limite de manière analogue aux courbes de corrosion.

Toutes ces courbes montrent la formation progressive de pellicules à effet protecteur. Il n'y a qu'une relation qualitative entre les potentiels et les vitesses de corrosion. L'incorporation simultanée de plusieurs éléments produit en général des effets cumulatifs sur le potentiel.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Sur la détonation du nitrate d'ammonium.* Note de MM. **Paul Laffitte** et **André Parisot**, présentée par M. Émile Jouguet.

La question de la détonation du nitrate d'ammonium pur a fait l'objet d'un grand nombre de recherches sans que l'on soit parvenu à des conclusions très nettes. Ainsi, d'après Cook [1], le nitrate d'ammonium pur ne peut détoner que s'il contient certaines impuretés organiques. Mais, d'après Sherrick [2], Naoum et Aufschlager [3] et Kast [4] le nitrate d'ammonium pur serait un explosif à condition d'employer un détonateur suffisamment important; cependant l'onde explosive se propage dans la masse suivant une vitesse décroissante et, dans la plupart des cas, tout le nitrate ne détone pas.

(1) *Chem. Met. Eng.*, **31**, 1924, p. 231.
(2) *Army Ordnance*, 1924, p. 329.
(3) *Z. Schiess. Sprengst.*, **19**, 1924, p. 35, 106 et 121.
(4) *Z. Schiess. Sprengst.*, **22**, 1927, p. 31.

Nos recherches ont été faites par la méthode d'enregistrement photographique sur des quantités d'explosifs ne dépassant pas 30^g placées dans des tubes de cristal de 7 à 21^{mm} de diamètre intérieur; l'amorçage était provoqué à l'aide d'un détonateur au fulminate de mercure ($1^g,5$) et avec un relais de quelques décigrammes d'un autre explosif. Le nitrate d'ammonium était soigneusement desséché avant chaque expérience. Dans ces conditions, surtout pour les faibles diamètres, il est impossible de faire détoner tout le nitrate. Nous avons déterminé quelles étaient les quantités minima de diverses substances qui, incorporées au nitrate d'ammonium, étaient susceptibles d'en permettre la détonation complète à vitesse de propagation constante. Ce sont d'une part le magnésium et surtout l'aluminium, et d'autre part les dérivés aromatiques nitrés (binitronaphtaline, trinitronaphtaline, tolite) qui nous ont donné les meilleurs résultats : il suffit en général de 1,5 à 2 pour 100 de ces substances pour faire détoner complètement le nitrate d'ammonium dans les conditions de nos expériences. Nous avons étudié comment variaient ces quantités limites en fonction du diamètre des tubes, de la densité de chargement, etc. Les résultats quantitatifs seront publiés dans un autre périodique.

D'autre part nous avons déterminé la *vitesse de détonation* du nitrate d'ammonium pur en extrapolant les résultats obtenus avec des mélanges explosifs à proportions croissantes de nitrate d'ammonium. Nous opérions dans des tubes de $7^{mm},2$ à 8^{mm} de diamètre intérieur et sous la densité de chargement $\Delta = 1$. Les résultats obtenus avec le tétryl, l'acide picrique, l'hexogène et la penthrite sont résumés par les tableaux suivants :

NH^4NO^3 (%).	V (m/sec).	NH^4NO^3 (%).	V (m/sec).
	Tétryl.		
10	4850	65	2700
20	4600	70	2400
30	4100	80	2100
40	4200 (1)	85	2000
50	3400	90	1800
60	2800	95	1600
	Acide picrique.		
0	3700	65	2100
25	2800	75	1900
50	2550	90	1650

(1) *Army Ordnance*, 1924, p. 329.

NH^4NO^3 (%).	V (m/sec).	NH^4NO^3 (%).	V (m/sec).
Hexogène.			
60	3620	80	2730
70	2660	90	1600
Penthrite.			
60	3620	80	2730
70	2660	90	1600

Les courbes de la vitesse de détonation en fonction de la proportion de nitrate d'ammonium dans les mélanges précédents sont des droites et leur extrapolation donne dans les conditions précitées et avec les quatre mélanges étudiés la même vitesse de détonation de 1400 *à* 1500 *m/sec pour le nitrate pur.*

Cette vitesse varie avec le diamètre des tubes : elle est seulement de 1300 m/sec dans des tubes de 6mm,5 de diamètre (sous la même densité de chargement).

Nous avons également étudié l'influence de la densité de chargement pour différents mélanges de nitrate d'ammonium et de tétryl. Voici, par exemple, les résultats obtenus avec des mélanges à 65 pour 100 NH^4NO^3 et 35 pour 100 de tétryl dans des tubes de 7 à 7mm,2 de diamètre intérieur.

	V (m/sec).		V (m/sec).		V (m/sec).
0,78	2180	1,06	2340	1,19	3900
0,82	2280	1,14	2580	1,20	3000
0,94	2400	1,16	2800	1,23	2340
1	2390	1,17	3140	1,77	raté

On retrouve ici le maximum de vitesse signalé pour la première fois par Dautriche avec d'autres explosifs. Pour les différents mélanges que nous avons étudiés et pour les diamètres allant jusqu'à 9 et et 10mm, le maximum de la vitesse de détonation a lieu pour une densité de chargement voisine de 1,20; au delà il devient brusquement impossible de faire détoner les mélanges de nitrate d'ammonium et de tétryl.

EFFET RAMAN. — *L'effet Raman de quelques composés organiques du soufre.* Note de MM. **Louis Médard** et **François Déguillon**, transmise par M. Charles Fabry.

Sulfures de méthyle. — Le monosulfure de méthyle a été préparé par la réaction, en solution aqueuse, de CH^3SO^4K sur SNa^2; le produit brut a

été plusieurs fois redistillé et donne alors le spectre Raman suivant :

$(CH^3)^2S$.

278 (m)	1045 (ff)	1443 (m)	2910 (FF)
692 (F)	1327 (f)	2831 (f)	2971 (F double)
742 (m)	1425 (m)	2852 (f)	

Certaines de ces valeurs diffèrent notablement de celles qui ont été données par de précédents auteurs [1], et qui différaient entre elles.

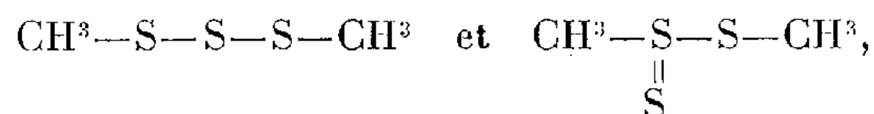
Une réaction semblable à la précédente, mais effectuée en remplaçant SNa^2 par un mélange $SNa^2 + S$, fournit un produit brut, dont on extrait des têtes de monosulfure, une fraction de disulfure brut passant entre 114° et 124°, enfin des queues jaunes foncées, renfermant du trisulfure; par rectification on obtient finalement avec un rendement de 60 pour 100 de la théorie, du disulfure $CH^3 - S - S - CH^3$ incolore (Éb. : 117°), qui donne le spectre suivant :

$(CH^3)^2S^2$.

238 (F)	508 (F)	948 (f)	1421 (m)	2983 (aF)
271 (aF)	691 (F)	1305 (ff)	2914 (F)	

Une queue de distillation riche en trisulfure donne un spectre où l'on relève les raies nouvelles 440 (m) et 485 (aF).

On voit que la liaison S—S du disulfure fait apparaître une raie forte à 508 cm⁻¹, raie qui a été également trouvée par P. Donzelot et M. Chaix [2] dans le disulfure d'éthyle; quand au trisulfure, il se caractérise par deux raies nouvelles; on ne pourra pas, sans un spectre complet, décider avec certitude entre les deux formules



bien que la seconde paraisse plus probable.

Thiophénol. — Ce corps a été préparé par la méthode classique de réduction du benzène-sulfochlorure, purifié par entraînement à la vapeur d'eau, puis par distillations. Son spectre est le suivant :

---

[1] VENKATESWARAN, *Indian. J. Phys.*, 6, 1931, p. 51; MEYER, *Z. Anorg. Chem.*, 203, 1931, p. 146.

[2] *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 851.

(C^6H^5-SH).

189,5 (aF)	836 (ff.)	1119 (m)	1489 (ff)
278,5 (m)	913 (f; large)	1155 (m)	1528 (ff. dif.)
413 (m)	943 (f)	1181 (f)	1585 (F)
617 (m)	1000 (F. F.)	1278 (ff)	2568,5 (F. F.)
699 (m)	1025 (F)	1328 (ff)	3056 (F. F.)
739 (f. dif.)	1092 (aF)	1444 (fff)	3147 (f)

On y voit la raie 2568,5 cm^{-1} caractéristique du groupe SH, ainsi que les principales raies propres au noyau benzénique monosubstitué, en particulier 1000 cm^{-1}.

Ions méthylsulfate et éthylsulfate. — Du méthylsulfate de potassium et de l'éthylsulfate de sodium ont été purifiés par cristallisations fractionnées, puis mis en solutions aqueuses presque saturées; ces solutions ont donné les spectres suivants, qui doivent être attribués respectivement aux ions $(SO^4CH^3)^-$ et $(SO^4C^2H^5)^-$:

Méthylsulfate......		410 (f)	435 (m)	560 (f)	616 (m)
Éthylsulfate.......	343 (m)	417 (m)		577 (m)	623 (f)
Méthylsulfate......	777 (m)	1010 (f)	1065 (F)		1226 (f)
Éthylsulfate.......	791 (m)	1010 (f)	1064 (F)	1091 (f)	1253 (f)
Méthylsulfate......	1261 (f)	1460 (aF)	2960 (F)		
Éthylsulfate.......	1280 (f)	1452 (aF)	2960 (F)		

Les deux spectres présentent une analogie évidente et doivent être rapprochés de ceux obtenus, en collaboration avec R. Marchand ([1]), avec les sulfates d'alkyles neutres; on retrouve dans celui de CH^3SO^4K le doublet 410-435 qui correspond à celui qui se trouve à 401-437 dans $SO^4(CH^3)^2$, et dans celui de $C^2H^5SO^4Na$, la raie 417 correspondant à la raie 404 de $SO^4(C^2H^5)^2$; toutes ces raies ont été attribuées au groupement SO^2; on y retrouve, entre 1450 et 1460 cm^{-1} les raies caractéristiques des groupements CH^2; les spectres montrent à 777 et 791 cm^{-1} des raies fortes qui paraissent correspondre à celle située vers 755 cm^{-1} dans les sulfates d'alkyles. Enfin on voit apparaître à 1065 cm^{-1} une raie très intense, dont la fréquence fait penser à la raie 1050 des acides sulfuriques de concentration moyenne; cette raie 1050 caractérise l'ion $(SO^4H)^-$.

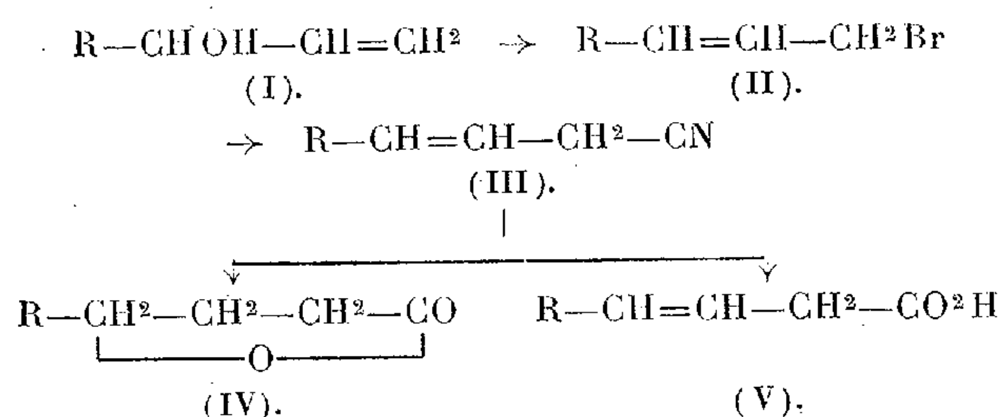
Nous remarquerons que l'ion $(SO^4)^{--}$, qui donne une raie intense

([1]) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 320.

à 990 cm^{-1}, observable dans les spectres des acides sulfuriques très dilués d'eau, possède la symétrie T_d (du tétraèdre régulier). Par contre l'ion $(SO^4H)^-$ avec sa fréquence 1050 cm^{-1} et les ions $(SO^4CH^3)^-$ et $(SO^4C^2H^5)^-$ de fréquences caractéristiques 1064 cm^{-1} ont la symétrie C_{3v} (de la pyramide triangulaire). On a ici un exemple de l'influence sur la valeur de la fréquence d'un mode de vibration d'un groupement, en l'espèce le groupement SO^4, des déformations subies par ce groupement.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les nitriles βγ-éthyléniques et quelques-uns de leurs dérivés*. Note de M. **Raymond Delaby**, transmise par M. Auguste Béhal.

Dans un travail d'ensemble, M. Bouis ([1]), le premier, a montré que les *vinylalcoylcarbinols* (I) subissent la transposition allylique sous l'influence du tribromure de phosphore et sont ainsi transformés en bromures de *β-alcoylallyle* (II).



En traitant ces bromures par le cyanure cuivreux, nous avons obtenu aisément les *nitriles βγ-éthyléniques* (III). Ceux-ci sont facilement transformables en *γ-lactones* (IV) au moyen de l'acide sulfurique à 50 pour 100 en volume et plus difficilement convertissables en *acides βγ correspondants* (V), sous l'action fractionnée et modérée de la soude caustique diluée.

Les *vinylalcoylcarbinols*, ainsi que les vinylaryl et les vinylaralcoylcarbinols, ont fait l'objet, de notre part, d'études très détaillées ([2]). Nous avons isolé quelques termes nouveaux, notamment le *vinyllaurylcarbinol*, $C^{15}H^{30}O$, solidifiable vers 27-28°, $Éb_6 = 150\text{-}152°$ (rendement 63 pour 100 par rapport à l'acroléine) et divers termes à chaîne ramifiée : *vinylisobu-*

([1]) *Ann. Chim.*, 9, 1928, p. 402.

([2]) R. Delaby et Mme S. Guillot-Allègre, *Bull. Soc. chim. France*, 53, 1933, p. 301.

tylcarbinol, plus facilement obtenu au moyen du chlorure d'isobutyle magnésium que par le bromure correspondant; *vinyloctyl.sec.carbinol; vinyl-2.6-diméthyloctylcarbinol.*

La transformation de ces alcools en *bromures de β-alcoyl-allyle* sous l'action de Br^3P se fait pour plus de 80 pour 100 de la théorie jusqu'au terme en C^{12} à chaîne normale, un peu moins pour les termes à chaîne ramifiée. L'exaltation de réfraction moléculaire va régulièrement croissant de C^4 à C^{15} (de 0,53 à 1,54) sauf un nombre aberrant pour C^{12}. L'étude du spectre Raman du bromure de crotyle par Mlle B. Grédy et R. Piaux [1] a montré que ce composé serait constitué par 80 pour 100 de bromure trans $CH^3 - CH = CH - CH^2Br$, 10 pour 100 de cis et 10 pour 100 de bromure secondaire $CH^3 - CHBr - CH = CH^2$. Les fractionnements des 12 bromures que nous avons préparés ont été davantage poussés, et une étude dans l'infrarouge par J. Lecomte [2] ayant montré qu'ils ne contiennent pas de bromure secondaire, il nous paraît seulement possible d'envisager qu'ils sont constitués en majeure partie par l'isomère trans.

Les *nitriles β.γ-éthyléniques* sont obtenus avec 70 à 80 pour 100 de rendement pour les composés de C^5 à C^9, s'abaissant à 50 pour 100 à partir de C^{10}, en traitant les précédents bromures par le cyanure cuivreux suivant la technique indiquée par P. Bruylants [3] pour l'obtention du nitrile vinylacétique. La comparaison avec les nitriles α.β-trans révèle que le déplacement de la double liaison n'entraîne guère de variation dans les points d'ébullition. Par contre, les densités des nitriles β.γ sont légèrement supérieures et l'exaltation de réfraction moléculaire est sensiblement nulle ou beaucoup plus faible (au plus 0,32 contre 0,85 à 1,02).

On passe assez facilement des nitriles aux *γ-lactones* en les soumettant à l'action de 6 à 7 fois leur poids d'acide sulfurique à 50 pour 100. A l'ébullition, le nitrile disparaît progressivement; on dilue avec de l'eau et fait bouillir, puis on recommence cette double opération. Finalement, la lactone se sépare si son poids moléculaire est élevé; de toute façon, on extrait à l'éther le produit de la réaction, sèche la solution éthérée et rectifie après élimination du solvant. Le point d'ébullition des lactones est de 30 à 35° plus élevé que celui des nitriles. L'exaltation de réfraction moléculaire croît régulièrement dans la série et ne dépasse pas 0,38.

---

(1) *Bull. Soc. chim. France*, **1**, 1935, p. 1481.

(2) Recherches non publiées.

(3) *Bull. Soc. chim. Belgique*, **31**, 1922, p. 176.

La conversion des nitriles en *acides éthyléniques* βγ est plus délicate; la double liaison se déplace en αβ sous l'influence des alcalis à 10 pour 100, en excès, à l'ébullition. Divers essais d'hydrolyse par les acides dilués ou de saponification par l'ammoniac en solution alcoolique étant restés infructueux, nous avons utilisé l'action fractionnée de la soude diluée (normale) à basse température ou encore l'action de la baryte en solution plus concentrée. Jusqu'à 9 ou 10 atomes de carbone, les acides obtenus sont purs : ils se transforment aussi en γ-lactones sous l'action de l'acide sulfurique à 50 pour 100 et l'oxydation permanganique confirme la position βγ de la liaison éthylénique. Mais les termes élevés sont difficilement saponifiables : les augmentations de la quantité d'alcali, de la concentration, de la durée du chauffage sont des conditions favorables à l'isomérisation des acides formés, par ailleurs difficilement entraînables à la vapeur surchauffée.

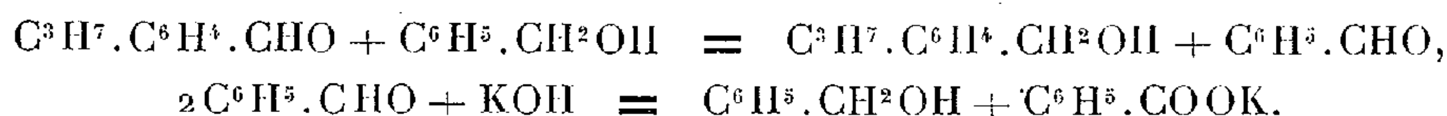
Les constantes physiques de ces nombreux composés seront publiées dans un autre Recueil.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action réductrice de la potasse benzylique et du benzylate de sodium sur les aldéhydes.* Note de MM. **Léon Palfray**, **Sébastien Sabetay** et **Pierre Mastagli**, présentée par M. Marcel Delépine.

Il y a quelques années L. Palfray, S. Sabetay et Mlle D. Sontag ont montré qu'on peut doser certains aldéhydes en les chauffant avec la potasse benzylique, puis titrant la demi-molécule d'acide organique formée. L'interprétation de la réaction de Cannizzaro qu'ils ont donnée au début a été notablement élargie par la suite. De fait, il y a une succession de réactions, qui se traduisent par un échange fonctionnel entre l'aldéhyde mis en œuvre et l'alcool benzylique, puis réaction de Cannizzaro sur l'aldéhyde benzoïque résultant. Afin de bien établir ce mécanisme et d'éclaircir diverses réactions secondaires, nous avons entrepris d'isoler les corps formés dans cette réaction, appliquée, dans la présente Note, à trois aldéhydes de type différent : cuminique, œnanthique et α-amylcinnamique.

L'aldéhyde cuminique ($1/10^{mol}$) possédant sur le noyau un —CHO inapte à l'aldolisation, a été chauffé pendant 2 heures, à l'ébullition, avec 100^{cm^3} KOH benzylique N/2. Le gâteau cristallin a été versé dans l'eau et extrait à l'éther. De la solution aqueuse, on a mis en liberté un acide

unique : *l'acide benzoïque*, F. 121. De la couche éthérée, on a pu isoler, par distillation fractionnée, de *l'alcool cuminique*, $Éb_{13} = 122,5$; $n_D^{19,5} = 1,5210$; $D_4^{18,5} = 0,9818$; phényluréthane, F. 62,5. La réaction a donc lieu, dans ce cas, d'après les équations :



$$C^3H^7.C^6H^4.CHO + C^6H^5.CH^2OH = C^3H^7.C^6H^4.CH^2OH + C^6H^5.CHO,$$
$$2C^6H^5.CHO + KOH = C^6H^5.CH^2OH + C^6H^5.COOK.$$

L'*aldéhyde œnanthique* (œnanthol), aldéhyde éminemment aldolisable, se comporte de façon plus complexe. Des mesures analytiques nous ont montré qu'au bout de 2 heures et demie il y a formation de $0^{mol},5$ d'acide pour 1^{mol} d'aldéhyde. D'autre part, on obtient le même résultat si, à la place de KOH benzylique, on emploie le benzylate de Na N/2. La marche de la réaction aussi bien que le produit, sont les mêmes, c'est-à-dire, qu'au bout de temps égaux, on obtient les mêmes quantités d'acide. Mais il est beaucoup plus avantageux d'employer le benzylate de Na, car les produits secondaires de condensation $Éb_{13} > 200°$ sont beaucoup moins abondants.

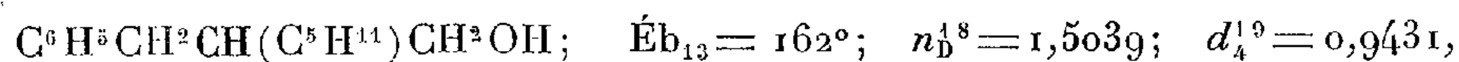
Ainsi 28^g d'œnanthol pur sont chauffés pendant 2 heures, au bain de sable, avec 300^{cm^3} de benzylate de Na N/2. La solution aqueuse ne contient que de l'*acide benzoïque*, la solution éthérée permet d'isoler un corps à fonction alcoolique, $Éb_{13} = 152-162°$ (Rendement variant de 43 à 62 pour 100) et des produits bouillant très haut. La fraction $Éb_{13} = 152-162°$ est un mélange qui se montre très difficile à purifier par distillation (l'impureté étant l'alcool α-amylcinnamique et son dérivé dihydrogéné). Nous l'avons donc isolé sous la forme de son *allophanate* (point de fusion fixe, 120° Maq.), d'où, par saponification alcaline, on régénère un alcool primaire saturé, $Éb_{13} = 154°$; $n_D^{21} = 1,4460$; $D_4^{21} = 0,8377$. R. M. tr. 68,25 ; calc. pour $C^{14}H^{30}O$, 68,37, titrant 98,8 pour 100 par acétylation pyridinée et se tritylant avec un rendement > 80 pour 100. Ce corps, le pentyl-2-nonanol (alcool ββ-*n*-heptyl-*n*-amyl-éthylique) $C^7H^{15}CH(C^5H^{11}).CH^2OH$ a été déjà décrit sommairement par W. H. Perkin [1] (réduction, au moyen du Na, de l'alcool non saturé correspondant) et par J. v. Braun et G. Manz [2] (hydrogénation catalytique de l'œnanthol). Nous avons prouvé sa constitution de la façon suivante : l'œnanthylidène-œnanthol ($Éb_{15} = 146-148°$; $n_D^{20} = 1,4600$; $D_4^{15} = 0,8473$; dinitro-2.4-phényl-hydrazone, F. 128°), dont la constitution a été prouvée avec certitude à plusieurs reprises, a été

(1) *Ber. dtsch. chem. Ges.*, 15, 1882, p. 2811.
(2) *Ber. dtsch. chem. Ges.*, 67, 1934, p. 1696.

réduit par le sodium et l'alcool. On obtient ainsi l'alcool C^{14} saturé, possédant les mêmes constantes et fournissant le même allophanate que notre alcool. Ce corps s'obtient également par chauffage de l'œnanthylidène œnanthol avec le benzylate de Na. Il est différent de l'alcool non saturé $C^{14}H^{28}O$, $C^{6}H^{13}CH=C.(CH^{2}OH)(C^{5}H^{11})$ (pentyl-2-nonène-2-ol) que nous avons préparé par réduction de l'œnanthylidène-œnanthol selon Luttringhaus (1) (éthylate de Mg) et dont les constantes sont $Éb_{13}=154°$; $n_D^{19}=1,4572$; $D_4^{21}=0,8491$. R. M. tr. 67,91; calc. 68,02; allophanate, $F=111°,5$.

Quel est le mécanisme de la réaction? Constatons d'abord qu'il n'y a pas eu formation d'alcool heptylique. Le benzylate de Na aldolise et crotonise d'abord l'œnanthol en œnanthylidène-œnanthol, lequel subit ensuite l'échange fonctionnel. L'étude cinétique avait montré la formation de $0^{mol},5$ d'acide benzoïque par molécule d'œnanthol, ce qui représente deux fois plus que ce qui devait résulter de la transformation de l'œnanthylidène-œnanthol en alcool C^{14} non saturé. Ce surplus provient de la réduction de la double liaison et nous *constatons ici les propriétés hydrogénantes du benzylate de* Na *à l'égard de la double liaison* αβ.

Par là s'explique facilement le comportement anormal de certains aldéhydes αβ non saturés. Ainsi, nous avions trouvé (*loc. cit.*) que par chauffage de l'aldéhyde α-amylcinnamique, $C^{6}H^{5}CH=C(C^{5}H^{11}).CHO$ avec la potasse benzylique il se formait une molécule d'acide benzoïque (au lieu de $0^{mol},5$). L'explication invoquée : coupure de la double liaison, ne peut plus être retenue, car, du produit résultant de l'action du benzylate de Na sur l'aldéhyde α-amylcinnamique pur (une heure de chauffage) nous avons pu isoler l'alcool α-amyl-dihydrocinnamique


$C^{6}H^{5}CH^{2}CH(C^{5}H^{11})CH^{2}OH$; $Éb_{13}=162°$; $n_D^{18}=1,5039$; $d_4^{19}=0,9431$,

degré de tritylation 94 pour 100; allophanate, $F=125$. Cet alcool a été décrit par R. Michelet (2), qui l'avait péniblement préparé par réduction catalytique de l'aldéhyde α-amylcinnamique.

L'un de nous poursuivra ce travail en l'étendant à des aldéhydes de différents types, et étudiera les alcools saturés et non saturés et les dérivés qui s'y rattachent.

---

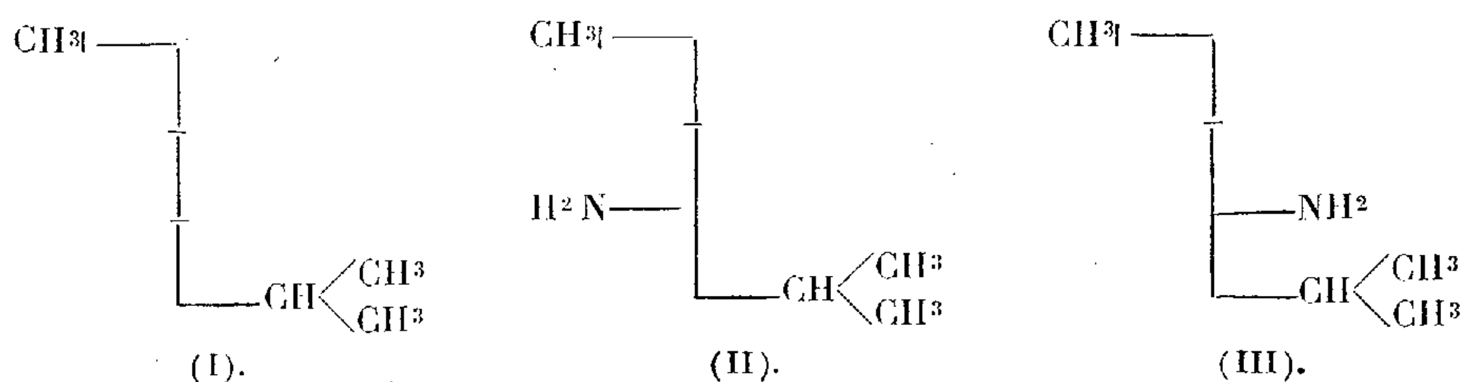
(1) Brev. all., 384-351, oct. 1923.

(2) *Thèse de doctorat*, Lyon, 1932, p. 118.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Structure des menthylamines*. Note ([1]) de MM. **Gustave Vavon** et **Israël Chilouet**, présentée par M. Robert Lespieau.

On sait qu'à la menthone ordinaire correspondent deux alcools : le menthol et le néomenthol; deux amines primaires : la menthyl et la néomenthylamine.

La comparaison des constantes physiques de la menthone et de son isomère stérique, l'isomenthone (densité, indice, réfraction moléculaire, parachor), amènent à donner à la menthone la structure *trans*. Cette cétone dérive donc du paraméthylisopropylcyclohexane *trans* (I) et les deux amines ont les formules (II) et (III), le cycle étant supposé plan et perpendiculaire au plan du papier



Il s'agit de choisir celle de ces deux formules qui revient à chacune des amines.

Cette question a déjà été étudiée par différents auteurs, en particulier par Wallach et Werner ([2]) et surtout par Read et ses collaborateurs ([3]).

Nous avons pensé que la comparaison des vitesses de réaction des deux amines pourrait apporter d'utiles renseignements à ce sujet.

L'un de nous a en effet montré, en collaboration avec M. L. Bourgeois ([4]), que quatre amines isomères en $C^7H^{15}NH^2$, de structure connue, donnaient des vitesses d'autant plus faibles que le voisinage de la fonction était plus encombré.

Si l'on transpose ces résultats au cas présent, l'amine (III) où la fonction

---

([1]) Séance du 14 décembre 1936.

([2]) *Lieb. Ann.*, 276, 1893, p. 315.

([3]) Read et Robertson, *J. Chem. Soc.*, 1926, p. 2208; 1927, p. 2168; Read et Storey, *Ibid.*, 1930, p. 2761; Read et Grubb, *Ibid.*, 1934, p. 1779.

([4]) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1593.

est voisine du radical isopropyle doit réagir plus lentement que l'amine (II) où le groupe NH^2 est encadré par deux atomes d'hydrogène.

Les mesures ont porté sur les réactions précédemment étudiées : action *a*, du bromure de benzyle; *b*, du bromure de triméthyl benzyle; *c*, de l'oxalate dibenzylique; *d*, du pipéronal; *e*, saponification alcaline des dérivés formylés.

Préparation des amines et de leurs dérivés. — La menthylamine a été préparée par la méthode classique : hydrogénation de l'oxime par le sodium et l'alcool. On obtient ainsi un mélange riche en menthylamine, que l'on purifie par cristallisation de son chlorhydrate dans l'eau, solvant qui nous a donné les meilleurs résultats.

Nous avons préparé la néomenthylamine par deux méthodes :

1° Action du formiate d'ammonium sur la menthone selon Wallach (¹).

2° Hydrogénation de l'oxime au noir de platine en milieu acétique.

Dans les deux cas le mélange est riche en néomenthylamine (85-90 pour 100).

Ci-dessous figurent les pouvoirs rotatoires ($\lambda = 578$) pris sur le liquide pour les amines, sur la solution chloroformique ($c = 0{,}05$) dans les autres cas. (M série de la menthylamine, N série néo)

	Amine.	Chlorhydrate.	Dérivé formylé.
M.....	$-48°,7$	$-46°,4$	$-88°,3$ (F = 102°)
N	$+16°,2$	$+23°$	$+58°,3$ (F = 118°)

Résultats. — Ci-dessous figurent les temps en minutes pour que la réaction ait atteint le taux de 50 pour 100.

	a.	*b.*	*c.*	*d.*	*e.*
Menthylamine.........	740	300	175	66	520
Néomenthylamine......	870	450	230	510	1170

Conclusions. — Les deux amines présentent des vitesses bien plus voisines que ne le sont celles des menthols ou de leurs éthers (²), mais le classement est le même dans les cinq réactions étudiées : la néomenthylamine se trouve toujours la moins réactive; on est, par suite, amené à lui donner la formule (III).

Cette détermination est d'ailleurs étayée par les faits suivants :

1° L'hydrogénation de la menthone au platine donne le néomenthol (isomère *cis*, OH par rapport à C^3H^7), les raisons stériques invoquées pour expliquer ce résultat s'appliquent de même à l'hydrogénation de l'oxime en amine *cis*.

(¹) *Ber. deutsch. Gesells.*, **24**, 1892, p. 3992.

(²) Vavon et Couderc, *Comptes rendus*, **179**, 1924, p. 405.

2° L'acide nitreux transforme la menthylamine en menthol (I). Pour autant qu'il n'y ait pas d'inversion de Walden, ceci amène à donner à la menthylamine la structure *trans* établie pour le menthol. L'action de l'acide nitreux sur la néomenthylamine donne surtout du menthène, ce qui s'explique par la facilité de déshydratation du néomenthol attendu [1].

Les structures auxquelles nous arrivons ainsi sont *inverses* de celles qui avaient été généralement admises, sauf dans un travail récent de Read et Grubb [2].

CHIMIE ORGANIQUE. — *Étude sur la transposition allylique : un trichloro-isobutène.* Note de MM. **Albert Kirrmann** et **Robert Jacob**, présentée par M. Robert Lespieau.

L'acétone-chloroforme (trichloro-1, 1, 1-méthyl-2-propanol-2) doit conduire, par déshydratation normale, au trichlorobutène (I). Mais on sait que des dérivés analogues présentent souvent une isomérisation et des réactions anormales par transposition allylique, comme par exemple le dichloro-1, 1-propène-2 [3]. Il fallait donc envisager aussi la formule (II).



(I) $CCl^3-C(CH^3)=CH^2$ (II) $CCl^2=C(CH^3)-CH^2Cl$.

L'un ou l'autre (ou un mélange) des deux corps pouvait se former, et chacun pouvait présenter des réactions anormales sans que le résultat soit actuellement prévisible. Voilà le problème que nous avons abordé.

La déshydratation est assez difficile, bien que l'alcool soit tertiaire. On la réussit par l'anhydride phosphorique à 150°. On ne rencontre, après départ d'un peu de produit de tête dont la nature n'a pas été élucidée, qu'un seul palier à la distillation. Il correspond à un liquide de constantes suivantes : $Éb_{12}$: 46°; $Éb_{760}$: 156°; $d^{20}=1,335$; $n^{20}=1,497$; Refr. mol. 34,91; calc. 34,81. Ce point d'ébullition paraît nettement trop élevé pour la formule (I). En effet, le trichloro-1, 1, 1-propène-2 bout à 115° [4]. Une différence de 41° pour un homologue ramifié est inadmissible. De

---

(1) G. Vavon et M. Barbier, *Bull. Soc. Chimie*, 4e série, 49, 1931, p. 567.

(2) *J. Chem. Soc.*, 1934, p. 1779.

(3) Kirmann, Pacaud et Dosque, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 1, 1924, p. 860.

(4) Vitoria, *Rec. Pays-Bas*, 24, 1905, p. 280.

même, si l'on songe au dichlorure $(CH^3)^2C = CCl^2$ (1), Éb : 108°, le déplacement de la double liaison et l'effet d'un troisième chlore peuvent valoir 20 ou 30°, mais non pas 48°. C'est donc la formule (II) qui est probable, puisque la transposition de (I) vers (II) augmenterait le point d'ébullition d'une vingtaine de degrés environ.

Cette conclusion est confirmée par l'oxydation. On devrait avoir l'acétone trichlorée pour (I), et l'acétone monochlorée pour (II). Le permanganate en solution acétonique a permis d'isoler effectivement la monochloracétone, caractérisé par le dérivée thiazolique que forme la thiourée (2).

En attribuant la formule (II) au corps isolé, nous pensons que le chlorure (I), seul vraisemblable comme produit primaire, a subi une isomérisation sous l'influence simultanée de la température et de l'acide chlorhydrique, qui se dégage effectivement dans la réaction.

Nous avons préparé, par double décomposition, plusieurs dérivés, de formule générale $CCl^2 = C(CH^3) - CH^2Y$. Cette formule ne permet guère de doute parce que les deux Cl qui subsistent sont réfractaires à l'action d'un excès de réactif, alors qu'un corps dont la formule serait analogue à (I), $CH^2 = C(CH^3) - CCl^2Y$, comporterait des atomes Cl très mobiles, et souvent ne serait pas susceptible d'exister, par exemple pour $Y = OH$.

La structure de ces dérivés ne constitue naturellement pas une preuve en faveur de la formule du trichlorure, puisque (I) et (II) sont susceptibles de donner les mêmes réactions, mais leurs points d'ébullition fournissent une confirmation. En effet, ces dérivés bouillent plus haut que leurs analogues provenant du dichloropropylène d'un nombre de degrés qui diminue avec la volatilité, et qui pour $Y = OC^2H^5$ (Éb. 126° et 166°) est de 40. Le chlorure (II) doit donc bouillir au moins à $110 + 40 = 150°$. Or le chlorure obtenu bout à 156°.

Parmi ces dérivés, signalons les suivants : L'acétate de sodium donne, avec un rendement de près de 60 pour 100, une acétine dont les constantes sont : $Éb_{12}$ 79°; $d^{20} = 1,257$; $n^{20} = 1,471$. Sa saponification donne un alcool, le méthyl-2-dichloro-3,3-propène-2-ol-1 (alcool α-méthyl-β-dichloro-allylique) $Éb_{13}$ 78-79°; $d^{20} = 1,298$; $n^{20} = 1,493$. Cet alcool donne un *p*-nitrobenzoate (F. 91°), que l'on peut aussi obtenir directement par action du nitrobenzoate de potassium sur le trichlorure primitif.

---

(1) FAWORSKI et JOZITSCH, *Chem. Centr.*, 1, 1899, p. 778.
(2) TRAUMANN, *Lieb. Ann. Chem.*, 249, 1888, p. 37.

PHYSIQUE CRISTALLINE. — *Sur l'intensité de l'interaction orbitale dans les sels. Le facteur des ions.* Note (¹) de M. **Robert Forrer**, transmise par M. Pierre Weiss.

Dans les éléments métalliques on peut déterminer l'intensité F de l'interaction orbitale à partir du point de fusion T par la loi $T = F\sqrt{N}$, où N est le nombre des contacts orbitaux. J'ai montré (²) que dans un groupe de métaux qui précèdent ou suivent un gaz rare, le facteur F s'obtient en ajoutant au facteur d'origine F_0 de ce groupe un multiple ε de 14° (unités τ) où ε est le nombre des électrons de spin non compensé

$$F = F_0 + \varepsilon\tau.$$

F_0 est donc le facteur pour 0 ou 6 électrons *p*. Or, les gaz rares Ne, A, Kr, X, Em ont des étages complets avec 6 électrons *p*. F_0 devrait donc être leur facteur si ces corps faisaient des contacts de l'espèce considérée ici. Mais on peut, pour se procurer ces facteurs F_0, remplacer les gaz rares par les ions de même constitution électronique et qui portent des charges électriques inverses.

En effet, j'ai reconnu que les sels possèdent un réseau électronique comparable (mais non identique) à celui des métaux. La différence consiste en ce que les sels logent dans un plan du réseau cristallin une paire d'orbites, tandis que les métaux n'y logent que des orbites simples.

KCl, par exemple, cristallise dans un réseau cubique simple, quand on ne fait pas de distinction entre les deux ions K et Cl. Chacun des deux ions possède 4 voisins directs dans un plan du cube ; avec 1 contact par voisin et les 3 plans du cube étant occupés, on obtient $\overline{N} = 12$. Le point de fusion $t = 772°$ C. fournit alors $F = 301{,}_6$ c'est-à-dire exactement le facteur d'origine extrapolé du groupe d'éléments autour du gaz rare A.

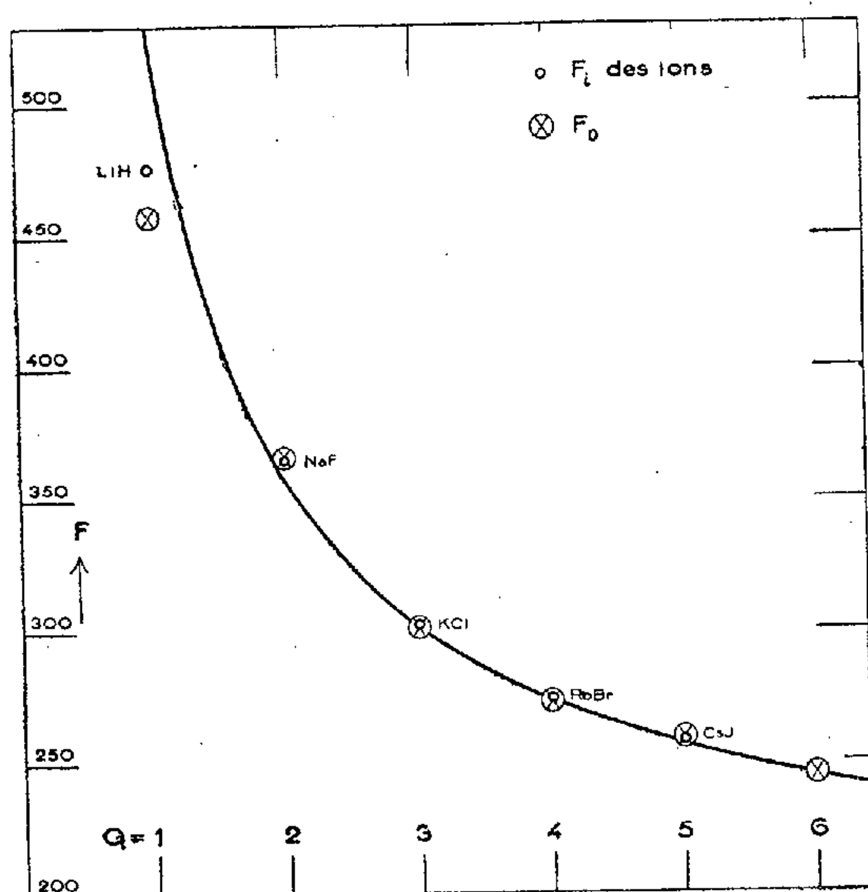
Les facteurs des autres sels (F_i = facteurs des ions) sont obtenus en adoptant le même nombre $\overline{N} = 12$ avec 3 paires d'électrons *p* périphériques. Exceptionnellement pour LiH, F est calculé à partir de $N = 4$ (1 paire d'orbites). Pour la comparaison, on a porté, en fonction du nombre quantique principal Q, les facteurs F_i des ions à côté des facteurs d'origine F_0 extrapolés à partir de ceux des métaux.

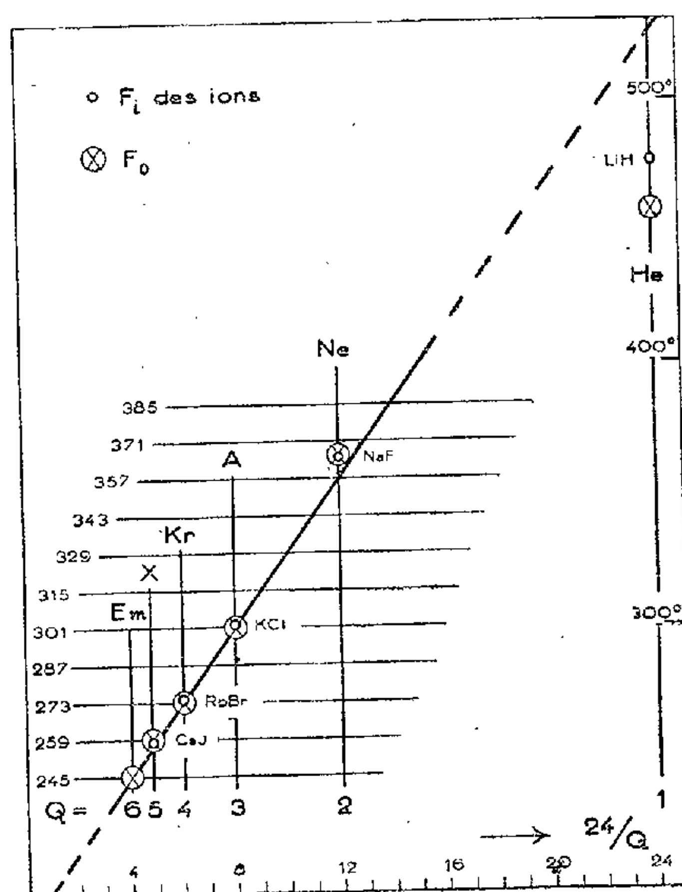
(¹) Séance du 14 décembre 1936.

(²) R. Forrer, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 1268.

Q.	Gaz rare.	Ions correspondants.	$\bar{N}$.	F_i.	F_0 extrapolé des métaux.
1.......	He	LiH	4.......	476	∼458
2.......	Ne	NaF	12.......	365	∼366
3.......	A	KCl	12.......	302	301
4.......	Kr	RbBr	12.......	274	273
5.......	Xe	CsJ	12.......	258	259

Donc les intensités d'interaction orbitale F_0 *extrapolées à partir des métaux vers le nombre* $\varepsilon = 0$ *des électrons solitaires sont identiques aux facteurs* F_i *déterminés expérimentalement pour les ions correspondants.*





On peut maintenant chercher suivant quelle loi F_0 (ou F_i, qui est sensiblement égal à F_0) varie dans le système périodique des éléments. J'ai remarqué qu'on obtient une loi simple, si l'on porte F_0, non en fonction du nombre atomique Z, mais en fonction du nombre quantique principal Q. Les points expérimentaux se placent bien sur une hyperbole (*fig.* 1). Portés en fonction de $1/Q$ les facteurs F se placent sur une droite (*fig.* 2). On peut ainsi déterminer une limite des facteurs F_∞ pour $Q = \infty$. F_∞ est égal à environ 189°. (Par la combinaison d'ions de nombres quantiques Q différents on peut déterminer toute une série de facteurs. La plus grande partie de ces facteurs satisfont à la même loi, si l'on porte en abscisses $2/Q_1 + Q_2$.)

Ainsi l'intensité d'interaction orbitale des ions (le facteur F_i) ne dépend que du nombre quantique Q de l'étage dont les paires d'orbites entrent en contact :

$$F_0 = F_i = F_\infty + \frac{24\tau}{Q}.$$

Le facteur des métaux est alors donné par

$$F = F_\infty + \left(\frac{24}{Q} + \varepsilon\right)\tau;$$

il ne dépend que du nombre quantique Q et du nombre ε d'électrons *p* solitaires. (Pour un certain nombre de métaux lourds F_∞ est en outre augmenté de $2\tau = 2 \times 14^\circ$.)

La grandeur $\tau = 14^\circ$ entre comme unité dans deux termes qui dépendent de deux variables complètement indépendantes Q et ε. La discontinuité de 14° se présente donc comme l'expression d'un phénomène élémentaire de liaison qui doit se déduire de la mécanique de l'électron.

PÉDOLOGIE. — *Contribution à l'étude des sols du Maroc occidental. Sol brun formé aux dépens des hamri.* Note de M[lle] **Véra Malycheff.**

Aucune étude pédologique fondée sur des analyses chimiques appropriées n'a été faite jusqu'ici des sols marocains. La présente Note donne les résultats de recherches au laboratoire sur les échantillons d'un profil de sol, observé par l'auteur aux environs immédiats du quartier de l'Aguedal à Rabat.

La coupe comporte, de haut en bas, les termes suivants :

A. Horizon brun gris, sableux, humifère ($0^m,15$); B. Horizon brun jaune, sableux ($0^m,50$); C. Formation argilo-sableuse, rouge brun, qui porte dans le pays le nom de *hamri* ($1^m,50$); D. Calcaire graiseux (dune consolidée), visible sur 3^m. Le passage entre les horizons A, B et la roche mère C, tous dépourvus de carbonates, se fait graduellement.

Les hamri, roches mères du sol, sont fréquents dans la zone littorale atlantique du Maroc (au nord de Safi) où ils reposent sur des roches quaternaires calcaires et gréseuses dont ils représentent le produit d'altération. Ils ont subi par places un léger remaniement et s'accumulent souvent au pied des pentes; ils ont fourni en plusieurs points une industrie acheuléo-moustiérienne. Partout dans la zone littorale, les hamri se transforment en

un sol *sensu stricto* dans les conditions actuelles du climat et de la végétation (pluies : 300 à 500^{mm} par an; moyenne annuelle de T° : 15 à 20°; brumes matinales fréquentes; végétation spontanée : scrube à palmiers nains). Sauf des variations locales, ces sols se rapprochent beaucoup de celui d'Aguedal. La couleur en est toujours brune, de nuances diverses, couleur très répandue parmi les sols du Maroc occidental attribués par des auteurs à certaines catégories de sols bruns ([1]), encore insuffisamment définis.

Les caractères chimiques du sol de l'Aguedal et de sa roche mère sont donnés dans les tableaux suivants :

	I. Analyses globales.			II. Attaques par HCl et par KOH (Méthode Gedroitz).			III. Attaques par SO^4H^2 et par les alcalis (Méthode Carnot).		
	A.	B.	C.	A.	B.	C.	A.	B.	C.
SiO^2..........	82,23	75,92	72,44	2,05	2,80	3,45	4,72	7,54	8,70
Al^2O^3..........	5,13	7,52	11,52	1,14	1,31	1,63	4,74	7,15	10,74
P^2O^5..........	0,08	0,09	0,10	0,08	0,10	0,10	0,09	0,10	0,10
$Fe^2O^3 + TiO^2$..	5,51	7,92	8,33	2,62	3,75	3,85	5,00	7,41	8,00
CaO..........	1,10	1,53	1,41	0,64	0,56	0,55		non dosé	
MgO..........	0,22	0,34	0,34	0,07	0,17	0,04	–	–	–
K^2O..........	0,56	0,78	0,61	0,07	0,02	0,07	–	–	–
Na^2O..........	0,57	0,56	0,40	0,06	0,01	0,04	–	–	–
Perte..........	4,75	4,96	5,07	–	–	–	–	–	–
(H^2O –).......	(0,84)	(1,05)	(1,28)	–	–	–	–	–	–
	100,25	99,62	100,12	–	–	–	–	–	–
SiO^2 (insoluble).	–	–	–	–	–	–	77,41	69,27	63,40
Autres éléments (insoluble)...	–	–	–	–	–	–	1,30	1,48	1,63
SiO^2/Al^2O^3....	–	–	–	3,05	3,63	3,59	1,69	1,79	1,37

IV. *Attaque par* KOH *à* 5 *pour* 100 (Méthode Gedroitz).

	SiO^2.	Al^2O^3.	$2SiO^2Al^2O^3$.	$+ SiO^2$.	$+ Al^2O^3$.	$SiO^2Al^2O^3$.
A..........	0,34	0,26	0,58	0,02	–	2,20
B..........	0,57	0,75	1,10	–	0,27	1,28
C..........	0,67	0,79	1,25	–	0,21	1,46

([1]) W. Hollstein, *Eine allgemeine Bontierung der Erdoberfläche, Geogr. Abh.*, 1930. H.-L. Shanz and C.-F. Marbut, *Geogr. Soc. Research Serv.*, 13, 1923.

V. *Bases échangeables* (Méth. Gedroitz), pH (colorim.),
Teneur en substances solubles dans H^2O (Méth. Gedroitz), *Humus* (Méth. Simon).

	Cations absorb. en mil. équiv.		Capacité d'absorption en mil. équiv.	pH.	Matières solubles séchées à 105°.	Humus.
	Ca.	Mg.				
A.........	20,35	1,75	22,10	7,50	0,06	2,05
B.........	12,15	1,58	13,73	7,00	0,09	0,92
C.........	16,40	1,83	18,23	7,60	0,09	traces

Le sol étudié est pauvre en humus et en substances solubles. Il est neutre, comme le hamri, et possède, comme ce dernier, un complexe absorbant saturé surtout par Ca. Il est caractérisé par un faible déplacement des bases et un appauvrissement progressif vers le haut en matière argilo-ferrugineuse ([1]), dont le rapport moléculaire *silice* : *alumine* est plus élevé que celui de la matière argileuse du hamri. Dans la fraction attaquable seulement par l'acide sulfurique, ce rapport est de 1,26 pour A, de 1,38 pour B et de 0,98 pour C. Dans la fraction attaquable par HCl, ce rapport laisse supposer l'existence de la montmorillonite indiquée également par l'analyse thermique.

La présence dans le hamri de l'alumine libre ($SiO^2 : Al^2O^3 < 2$), qui tend à disparaître du sol, permet de penser que l'altération du calcaire gréseux a eu lieu sous un climat différent du climat actuel et favorable à la latéritisation.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur les causes probables des évanouissements brusques des ondes radioélectriques courtes et leur relation avec les phénomènes magnétiques.* Note de MM. **Raymond Jouaust**, **Robert Bureau** et **Louis Eblé**, présentée par M. Charles Maurain.

Comme il a été signalé par l'un de nous ([2]), au cours de l'année 1936 il s'est produit de nombreux évanouissements des ondes radioélectriques courtes, évanouissements caractérisés par un début brusque et une courte

---

([1]) Cette matière est entraînée par les eaux de ruissellement et les eaux d'infiltration. Elle se précipite par endroits au contact du hamri et du calcaire ou dans des fissures de ce dernier, et prend part à la formation de croûtes calcaires très minces, colorées par du fer et contenant jusqu'à 20 pour 100 de matière argileuse.

([2]) R. Bureau et J. Maire, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 1276.

durée (de dix minutes à deux heures). Dans plusieurs cas des déterminations de la fréquence critique des diverses couches de l'ionosphère effectuées peu après l'évanouissement ont décelé une ionisation intense de la couche E.

Par contre l'ionisation de la couche F a été trouvée tantôt supérieure, tantôt inférieure à la valeur normale.

En se basant sur ces remarques, on peut donner des évanouissements l'explication suivante : pendant un temps très court, le soleil émet un agent ionisant intense, agent sur la nature duquel il est impossible de se prononcer à l'heure actuelle. Cet agent, qui a une propagation rectiligne, puisque les évanouissements ne se produisent que sur des trajets diurnes, produit une ionisation intense des basses couches de l'ionosphère. Il en résulte que la réfraction des ondes courtes, réfraction qu'il est nécessaire d'invoquer pour expliquer les phénomènes de propagation, et qui normalement se produit dans la couche F, se produit dans ces couches basses, de pression comparativement élevée par rapport à la couche F, et dans lesquelles par suite les chocs entre électrons et molécules sont plus nombreux. D'autre part, on sait que l'amortissement des ondes qui croît avec le nombre de ces chocs, croît également avec la fréquence des ondes dans la région où se produit la réfraction ([1]). On conçoit, dans ces conditions, l'arrêt complet des transmissions par ondes courtes.

La courte durée de ces évanouissements constatée dans certains cas nécessite une recombinaison plus rapide des électrons et des ions que celle que l'étude des variations nocturnes de la couche E conduit à admettre, et laisse supposer que la partie de l'ionosphère intéressée dans les évanouissements a une altitude inférieure à celle de la couche E.

On pouvait se demander s'il existait une relation entre les évanouissements et les orages magnétiques.

L'observation des relevés de l'Institut de Physique du globe nous a montré qu'en 1936, il n'existait qu'une seule concordance entre l'heure des évanouissements et celle où la composante horizontale du champ terrestre présentait une variation rapide et importante. Il ne semble pas y avoir de relations entre les évanouissements et les orages magnétiques.

Toutefois dans 30 cas sur 46 examinés, il a été constaté, sur la courbe

---

([1]) Shogo Namba, *Reports of Radio Research and Work in Japan*, 2, n° 2, 1934, p. 303.

d'enregistrement de la composante horizontale un faible crochet se produisant à l'heure où l'évanouissement a été signalé.

Comme de semblables crochets ont été également relevés à des instants où aucun évanouissement n'a été signalé, il est impossible d'affirmer qu'il y a une relation certaine entre les deux phénomènes. L'étude que nous poursuivons permettra peut-être de lever cette incertitude.

PALÉONTOLOGIE. — *De l'utilisation des foraminifères en stratigraphie.* Note de M. **Pierre Marie**, présentée par M. Henri Douvillé.

L'océanographie nous fait connaître la répartition et le mode d'existence des organismes vivant au sein des mers; elle nous permet par comparaison d'en déduire celles des êtres organisés ayant existé aux diverses époques géologiques. Elle nous montre tout d'abord que l'aire de développement des gros fossiles est généralement réduite à la seule plate-forme continentale et ne représente guère que les 4 à 5 pour 100 de la superficie sédimentaire océanique; celle-ci par contre, est occupée dans sa presque totalité par une multitude de petits organismes comprenant principalement des *foraminifères*.

Ces derniers sont munis d'une coquille, ne possédant en général qu'une seule ouverture buccale, située dans la dernière loge et par l'intermédiaire de laquelle, le protoplasme pourra émettre des pseudopodes destinés principalement à la recherche des aliments. L'étude particulière de ces organismes microscopiques montre qu'ils se rencontrent en grande abondance dans toutes les formations sédimentaires d'origine marine et qu'ils sont représentés aux diverses époques géologiques par des genres et des espèces différentes, présentant une grande variété de formes, adaptées chacune à un mode d'existence particulier.

Les foraminifères pourront être benthoniques, planktoniques ou nectoniques, comme la plupart des autres organismes marins, suivant que leur habitat sera le fond des mers, sa surface ou la nappe liquide elle-même. Leur répartition géographique particulière sera liée à la composition et à la richesse en matière nutritive du milieu sédimentaire.

Les foraminifères *benthoniques* recherchant de préférence leur nourriture dans la vase accumulée sur les fonds, élaboreront une coquille arénacée, formée d'éléments étrangers, empruntés au voisinage, et de

déchets alimentaires, réunis par un ciment chitineux ou calcaire, d'origine protoplasmique. Ces organismes pourront être fixés à vie, ou libres, mais ces derniers ne seront guère capables que de déplacements réduits, du fait de l'alourdissement de leur têt. Ces genres se rencontreront en abondance *sur toute l'étendue des fonds marins*, mais ils seront d'autant plus développés et évolués, qu'ils auront vécu dans les régions néritiques plus proches du rivage, et par conséquent plus riches en substances nutritives.

Les foraminifères rencontrés dans le plankton comprennent d'une part : les stades larvaires de la grande majorité des espèces benthoniques ou nectoniques et, d'autre part, les quelques genres *planktoniques*, dont la coquille calcaire, secrétée par le protoplasme, est perforée d'une multitude de petits pores favorisant l'émission des pseudopodes rayonnants, destinés à la capture des éléments nutritifs du plankton. Ces divers organismes flottant d'une manière passive ou vivant sur des algues errantes, se développeront *à la surface des mers* et seront disséminés sur toute l'étendue du milieu sédimentaire par le jeu des vagues et des courants.

Enfin les genres *nectoniques*, se nourrissant d'organismes vivant dans la nappe liquide elle-même, posséderont des coquilles calcaires à surface généralement imperforée et de formes très variées, admirablement adaptées à des modes de locomotion particuliers.

Les individus trochoïdes pourront, comme les gastropodes, ramper sur un support; ceux à coquille symétrique et lenticulaire, comme les nummulites ou les cristellaires, pourront à volonté nager librement ou se laisser flotter. Enfin les coquilles rectilignes seront adaptées aux déplacements sur une trajectoire droite.

Certaines de leurs espèces présenteront parfois une ornementation plus ou moins compliquée, formée de rides en relief et destinée à maintenir l'organisme en mouvement dans une position déterminée.

Cette possibilité de déplacements, loin de favoriser la dissémination de ces genres à toute la surface sédimentaire, déterminera, par contre, leur localisation dans des zones particulières; mais elle permettra aux espèces adaptées à un *faciès déterminé* d'émigrer rapidement dans tous les faciès semblables d'un même domaine sédimentaire. Ces genres ne se rencontreront guère que dans les dépôts terrigènes.

Les foraminifères se trouvant ainsi, en grande majorité, localisés dans des faciès spéciaux, ne permettront guère par leur étude particulière, que des corrélations entre formations de même faciès; par contre, les foraminifères planktoniques semblent, par leur répartition à tout l'en-

semble d'une même formation, être capables de favoriser des parallélismes rigoureux entre les diverses zones d'un même dépôt.

Pris en groupe dans leurs associations faunistiques, les foraminifères pourront servir de base à l'établissement d'échelles stratigraphiques locales se rapportant chacune à un groupe de faciès particulier. La détermination de l'âge d'une couche quelconque, rencontrée dans un forage ou même en surface, ne nécessitera plus la recherche d'un gisement de grands fossiles; le moindre affleurement permettra d'y récolter un échantillon dont la microfaune pourra être aussitôt parallélisée avec l'une de celles inscrite dans l'échelle correspondante. La comparaison de plusieurs échelles stratigraphiques locales, provenant de régions éloignées, permettra de reconnaître celles appartenant à un même bassin sédimentaire.

En appliquant ces méthodes de plus en plus utilisées à l'étranger, j'ai pu reconnaître que l'évolution et la composition de la microfaune du Crétacé moyen et supérieur était en Afrique du Nord [1] semblable à celle observée en Amérique centrale et que celle du Bassin parisien était très comparable à celle des autres bassins nord européens [2]. Nous voyons donc qu'*en l'absence des macrofossiles*, qui sont souvent rares et parfois inexistants, *il sera toujours possible d'établir des corrélations stratigraphiques rigoureuses grâce aux foraminifères.*

BOTANIQUE. — *Les vaisseaux à perforations scalariformes de l'*Eupomatia *et leur importance dans la phylogénie des Polycarpes.* Note [3] de M. **Robert Lemesle**, présentée par M. Alexandre Guilliermond.

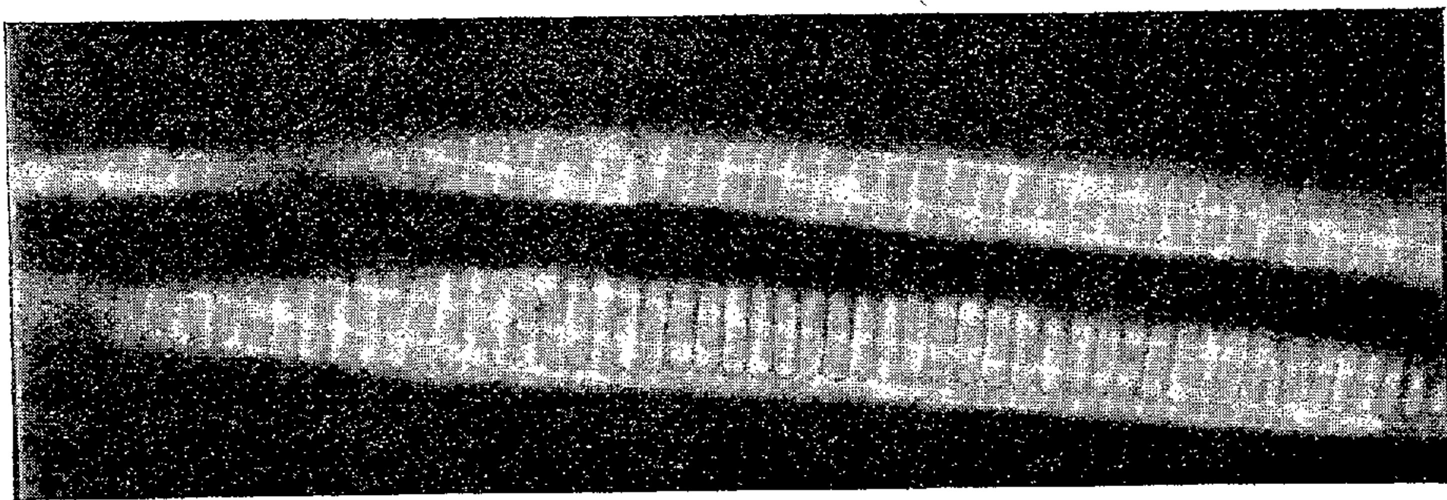
En examinant le bois secondaire de l'*Eupomatia Bennettii* F. Müll, Anonacée du nord-est de l'Australie, nous avons découvert un caractère d'une certaine importance pour la phylogénie des premières Angiospermes : ce caractère consiste dans l'existence, à l'intérieur de tous les vaisseaux, de cloisons très obliques pourvues de nombreuses ouvertures étirées dans le sens transversal; ces ouvertures alternent avec autant de barres sclérifiées, ce qui réalise le type de la perforation scalariforme, si caractéristique des familles primitives. Le nombre des barreaux d'une

---

(1) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 145-147.
(2) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 95-97.
(3) Séance du 14 décembre 1936.

cloison s'élève parfois jusqu'à 50 et même 60. Sur les faces latérales des vaisseaux, se montrent des ponctuations aréolées, le plus souvent étirées.

La structure de l'*Eupomatia* avait déjà été étudiée par H. Baillon ([1]). Cet auteur avait mis en évidence, sur les parois latérales des fibres, l'existence de ponctuations aréolées; mais il n'avait pas signalé le même caractère sur les parois latérales des vaisseaux et il n'avait pas remarqué l'existence de perforations scalariformes.



Perforation scalariforme d'une cloison oblique d'un vaisseau d'*Eupomatia*. (Microphotographie. Gr. : 450.)

Cette présence de cloisons obliques à nombreux barreaux sépare nettement l'*Eupomatia* des autres Anonacées où les perforations sont toujours simples.

En nous basant en même temps sur les divers caractères qui distinguent l'*Eupomatia* des autres Anonacées, nous sommes donc amené à retrancher ce genre de cette famille pour en faire le représentant d'une famille spéciale : celle des Eupomatiacées.

Nous avons mis ([2]) en évidence le fait que le type scalariforme des vaisseaux conduit à considérer les Magnoliacées comme très primitives. Chez ces dernières, le nombre des barreaux des cloisons obliques est fréquemment réduit; de plus, la perforation scalariforme et la perforation simple peuvent se combiner irrégulièrement dans une même espèce. Mais chez l'*Eupomatia*, que l'on examine les vaisseaux du bois secondaire les plus internes, ou les plus voisins de l'assise génératrice, on observe toujours de

---

([1]) *Recherches organogéniques sur les* Eupomatia Adansonia (*Recueil d'observations botaniques,* sept., déc., p. 22, 1868-1870).

([2]) *Rev. Gén. Bot.*, 45, 1933, p. 341.

longues cloisons obliques avec de très nombreux barreaux. Ce caractère capital, auquel s'ajoute l'étirement fréquent des ponctuations aréolées des parois latérales, nous montre combien le type ancestral persiste dans le bois secondaire de ce genre. D'autre part, la fleur possède certaines particularités primitives : ainsi, la pièce en forme de capuchon qui remplace le périanthe, et surtout la transformation des étamines les plus internes en staminodes pétaloïdes.

Nos observations sur l'organisation si curieuse des éléments vasculaires du bois secondaire viennent donc renforcer les données de la morphologie florale pour nous permettre de classer les Eupomatiacées parmi les Polycarpes les plus archaïques. Nous ne pouvons pas actuellement fixer leur place dans l'arbre généalogique, aucun document n'existant, à notre connaissance, sur leurs représentants fossiles; mais nous espérons que des découvertes paléobotaniques confirmeront notre opinion. Dès lors, les phylogénistes seront amenés à considérer cette petite famille comme antérieure à celle des Magnoliacées et comme une des plus anciennes des Angiospermes.

ZOOLOGIE. — *Sur une série de Leptocéphales appartenant au genre* Saccopharynx *Mitchill.* Note [1] de M. **Léon Bertin**, présentée par M. Maurice Caullery.

Les croisières océanographiques danoises du *Thor* et du *Dana* ont capturé 128 Leptocéphales ou larves de Poissons Apodes, qu'il est possible de rapporter au sous-ordre des Lyomères, à la famille des Saccopharyngidés et au genre *Saccopharynx*.

Sept de ces Leptocéphales appartiennent à la forme décrite par Schmidt (1909-1912) sous le nom de *Leptocephalus latissimus*. Les autres, au nombre de 121, constituent une espèce voisine de la précédente, mais bien distincte par le nombre de ses myotomes et par divers autres caractères. Je lui donne provisoirement le nom de *Leptocephalus pseudo-latissimus*.

Caractères communs aux deux espèces. — Corps foliacé, très élevé, un peu effilé dans sa partie postérieure : Hauteur maxima, située au tiers antérieur, faisant 30 à 45 pour 100 de la longueur totale. Tête plus haute que longue. Museau court. Fente buccale très oblique. Mâchoires longues et articulées au crâne par de longs suspen-

---

[1] Séance du 14 décembre 1936.

seurs. Une très longue dent, suivie d'une un peu plus courte, à l'extrémité de la mâchoire supérieure. Autres dents supérieures et inférieures très courtes. Yeux arrondis et faisant à peu près le tiers de la longueur céphalique. Intestin sinueux et épais dans sa partie postérieure. Ébauches hépatique et rénale accompagnant en totalité ou en partie ce renflement rectal. Pectorales présentes, pédiculées, situées au niveau du 7e-10e segment. Nageoires impaires avec ébauches d'éléments interépineux. Pigmentation faite de nombreux chromatoblastes sur le renflement rectal.

Caractères propres à Leptocephalus latissimus. — Longueur 32-43^{mm}. En pour 100 de la longueur totale : distance prépectorale 12-15, distance prédorsale 14-18, distance préanale 46-51. II + 7-9 dents par demi-mâchoire supérieure ; 9-11 par demi-mâchoire inférieure. Plus de 240 myotomes, dont 38-43 préanaux. Ébauches hépatique et rénale accompagnant seulement la moitié antérieure du rectum.

Caractères propres à Leptocephalus pseudo-latissimus. — Longueur 7-35^{mm}. En pour 100 de la longueur totale : distance prépectorale 14-23, distance prédorsale 31-49, distance préanale 51-64. II + 3-11 dents par demi-mâchoire supérieure ; 6-13 par demi-mâchoire inférieure. Myotomes au nombre de 115-124, dont 35-41 préanaux. Ébauches hépatique et rénale accompagnant la presque totalité du rectum.

Malgré qu'on ne connaisse que de petits exemplaires (dont deux prélarves ayant encore des gouttes d'huile dans leur poche vitelline) de *L. pseudo-latissimus*, et uniquement de grands spécimens de *L. latissimus*, on ne peut considérer la première espèce comme la forme jeune de la seconde. Deux caractères s'y opposent : 1° le nombre des myotomes, qui est deux fois plus considérable chez *L. latissimus* que chez *L. pseudo-latissimus* (s'il y avait passage d'une forme à l'autre, on devrait observer, comme chez *Nemichthys scolopaceus*, une augmentation progressive du nombre des segments) ; 2° le nombre des dents, qui est plus élevé chez les plus grands *L. pseudo-latissimus* que chez les plus grands *L. latissimus*.

L'attribution des deux espèces au sous-ordre des Lyomères découle de la longueur des suspenseurs. L'attribution à la famille des Saccopharyngidés (genre unique *Saccopharynx*) résulte du nombre des myotomes. Celui-ci est trop élevé pour correspondre au nombre des vertèbres des Eurypharyngidés (102-112) et des Monognathidés (88-95), qui sont, avec les Saccopharyngidés, les seuls Lyomères actuellement connus.

Dans le genre *Saccopharynx*, l'espèce *S. ampullaceus* Mitchill a plus de 240 vertèbres, dont une quarantaine en avant de l'anus. D'après Girard (1895), l'espèce que j'ai dénommée ultérieurement *S. johnsoni* n'aurait que 140 vertèbres, dont 38 préanales. On ignore la formule vertébrale des *S. harrisoni* Beebe et *S. schmidti* Bertin. Il existe enfin une autre espèce de *Saccopharynx* qui, non décrite, a été seulement figurée par Murray et Hjort (1912).

Dans ces conditions, l'attribution des Leptocéphales à telle ou telle espèce adulte demeure hypothétique. On peut seulement dire que *L. latissimus* est peut être la larve de *S. ampullaceus*. Seules, la connaissance plus complète des adultes et la découverte des phases de métamorphose permettront une identification certaine.

GÉNÉTIQUE. — *Extraction et solubilité des substances intervenant dans la pigmentation des yeux de* Drosophila melanogaster. Note de Mme **Yvonne Khouvine** et MM. **Boris Ephrussi** et **Morris Henry Harnly**, présentée par M. Murice Caullery.

Les résultats des transplantations d'yeux entre les Drosophiles du type sauvage et les mutants *v* et *cn* s'interprètent d'une manière simple si l'on admet l'existence de deux substances diffusibles [1]. Les mouches du type sauvage ont les deux substances (cn^+ et v^+), le mutant *cn* n'en a qu'une (v^+) et le mutant *v* n'en a aucune.

On a montré que les deux substances peuvent être décelées par injection de lymphe du type sauvage dans des larves $w^a v$ et $w^a cn$, servant respectivement de réactif aux substances v^+ et cn^+ [(2), (3)]. La lymphe est injectée, soit à l'état frais, soit après congélation dans l'air liquide. Enfin on a montré que les pupes de *Galleria mellonella* et de *Calliphora erythrocephala* contiennent aussi les deux substances dont on admet l'existence [3].

Avec les pupes de *Calliphora*, nous avons commencé l'étude chimique de ces substances. Nous donnons ci-dessous les premiers résultats des extractions que nous avons faites.

Les pupes sont plongées deux fois dans l'air liquide pendant 5 à 6 minutes. On les presse ensuite dans une petite presse de Fischer. On obtient une masse semi-fluide, brunâtre, qu'on agite avec de l'éther. Si l'éther ne se sépare pas spontanément, on centrifuge et on décante la solution éthérée fortement colorée en jaune. On fait deux extractions à l'éther. Après la troisième extraction, l'éther est presque incolore. On réunit les solutions éthérées. On les évapore dans le vide, sur P^2O^5, à la température ordinaire et à l'abri de la lumière. On obtient un résidu de

(1) G. W. Beadle et Boris Ephrussi, *Genetics*, 21, 1936, p. 225-247.

(2) Boris Ephrussi, C. W. Clancy et G. W. Beadle, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 545.

(3) Boris Ephrussi et Morris Henry Harnly, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 1028.

consistance huileuse, jaune, qui renferme presque toujours des particules cristallines.

Les traitements à l'éther sont suivis de trois traitements à l'éther-alcool à 96° à parties égales. Par décantation ou par centrifugation, on obtient des solutions jaunes, la dernière étant presque incolore. On réunit les solutions éthéro-alcooliques et on les évapore dans le vide, sur P^2O^5 à l'abri de la lumière, d'abord à la température ordinaire, puis à 28°, afin de chasser les dernières traces d'alcool et d'eau. On obtient un résidu épais, brun jaunâtre, qui ne semble pas homogène. Une partie est soluble dans l'éther, l'autre est insoluble dans l'acétone, l'éther de pétrole et le benzène, mais elle est soluble dans l'alcool et dans l'eau.

On peut, au lieu de faire des extractions éthéro-alcooliques, faire trois extractions à l'alcool à 96°. Avec la technique que nous venons de décrire, on obtient un résidu épais, brun jaunâtre.

Les résidus des extractions éthérées, éthéro-alcoolique, alcoolique et le résidu éthéro-alcoolique lavé à l'éther et repris par l'eau, ont été injectés à des larves de Drosophile $w^a v$ et $w^a cn$. Le tableau ci-dessous donne les résultats de nos expériences. Dans ce tableau, les colonnes *tests positifs* donnent les nombres des animaux montrant une modification de la pigmentation et les colonnes *tests négatifs* les nombres des animaux n'ayant pas montré de changement. Nous rappellerons que le changement témoignant de l'action des substances en question se traduit par une modification de la pigmentation de *vermilion-apricot* ($v w^a$) ou *cinnabar-apricot* ($cn w^a$) en *apricot* (w^a).

	Injections dans $w^a v$.			Injections dans $w^a cn$.		
Extrait.	Tests positifs.	Tests négatifs.	Total.	Tests positifs.	Tests négatifs.	Total.
Éthéré	0	46	46	0	43	43
Éthéro-alcoolique	72	4	76	12	1	13
Alcoolique	21	0	21	25	1	26
Aqueux	7	0	7	11	0	11

Il ressort très nettement de ce tableau que l'extrait éthéré ne contient pas les substances que nous recherchons [1], mais, qu'en revanche, les

[1] La dissection des imagos a montré la présence de la goutte huileuse injectée dans les larves, de sorte que l'absence d'effet de l'extrait éthéré n'est certainement pas due à l'élimination de la substance.

extraits éthéro-alcooliques, alcooliques et le résidu éthéro-alcoolique lavé à l'éther et repris par l'eau (1) les contiennent toutes les deux. Il semble, étant donné le mode d'extraction, que ces substances ne sont pas de nature fermentaire ou protidique.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Influence exercée par deux vésicants de guerre, et par leurs produits d'hydrolyse, sur les valeurs des tensions interfaciales des lipides vis-à-vis du sérum physiologique, ainsi que sur celles de leur hydrophilie.* Note de MM. **André Kling** et **Guy Lecordier**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

L'un de nous a montré (2) que les suffocants de la série du phosgène, en réagissant sur le cholestérol contenu dans les lipides des tissus pulmonaires, modifiaient leur comportement vis-à-vis de l'eau. Il a attribué à l'accroissement de la tension interfaciale lipides/eau et à la diminution d'hydrophilie de ces lipides, une part importante dans les phénomènes qui provoquent l'œdème aigu du poumon, chez les gazés.

Des rapprochements que nous avons établis entre les propriétés des agents suffocants et celles de *certains* agents vésicants nous ont incité à rechercher si, dans l'action des premiers sur les tissus pulmonaires, des seconds sur la peau et les muqueuses, n'interviendraient pas des mécanismes analogues.

A cette intention, nous avons tout d'abord examiné si le cholestérol serait, ou non, apte à fournir des combinaisons stables avec des vésicants tels que l'ypérite $S = (CH^2—CH^2Cl)^2$ et la léwisite $(Cl—CH=CH)AsCl^2$.

Les essais que nous avons tentés en vue d'obtenir de semblables dérivés ont été infructueux. Néanmoins, de cet insuccès nous ne devions pas conclure qu'il ne puisse, entre les réactifs mis en présence, se former des combinaisons très lâches (3), voire de simples associations moléculaires pouvant néanmoins modifier profondément les propriétés physico-chimiques des lipides qui les contiennent.

---

(1) MM. Thimann et Beadle confirment (*in litteris*) la solubilité dans l'eau des substances en question.

(2) André Kling, *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 1782.

(3) C'est ainsi que le $CO\langle^{CH^2Cl}_{Cl}$, bien que suffocant vrai, fournit avec le cholestérol une combinaison qu'on peut séparer à l'état brut, mais qu'on ne peut purifier car elle se détruit lorsqu'on cherche à la faire recristalliser.

Aussi est-ce sur les mesures directes des valeurs des tensions interfaciales : lipides/sérum physiologique et celles de l'hydrophilie que nous avons fait porter nos investigations.

Nous avons donc déterminé, comparativement, les tensions interfaciales, vis-à-vis du sérum physiologique, ainsi que les hydrophilies, d'une huile de vaseline, parfaitement neutre, additionnée, pour l'échantillon *a*, de $0^g,50$ pour 100 de cholestérol, pour l'échantillon *b* de 25 pour 100 de lanoline, et celles de chacun de ces mêmes échantillons additionnés :

le premier, α, de $0^g,5$ pour 100 d'ypérite;
le second, β, de $0^g,5$ pour 100 de thiodiglycol, produit d'hydrolyse de l'ypérite;
le troisième, δ, de $0^g,5$ pour 100 de léwisite;
le quatrième, γ, de $0^g,5$ pour 100 de β chloro vinylarsine, produit d'hydrolyse de la léwisite.

Nous avons constaté que :

1° l'addition d'ypérite faisait croître la tension interfaciale, vis-à-vis du sérum physiologique (eau, 1000^{cm^3}; ClNa, $7^g,5$), des solutions lipoïdiques *a* et *b*, et que, d'une manière concommittante, cette addition diminuait l'hydrophilie de ces mêmes solutions (ainsi, pour le cas de *b*, l'accroissement de la tension interfaciale est de 16 pour 100 et l'abaissement subi par l'hydrophilie de 8,4 pour 100);

2° les additions de léwisite aux deux solutions lipoïdiques *a* et *b*, aboutissaient à des résultats analogues et même encore plus accentués en ce qui concerne la modification de la tension interfaciale (accroissement de 51,8 pour 100 pour *b*), la diminution de l'hydrophilie s'accusant relativement moins que l'augmentation de la tension, en raison de l'importance du phénomène d'hydrolyse subie, au cours de la mesure d'hydrophilie, par la léwisite au sein de la masse lipoïdique dans laquelle l'eau est dispersée;

3° l'addition de thiodiglycol (produit d'hydrolyse de l'ypérite), aux lipoïdes *a* et *b*, n'élevait plus, mais au contraire abaissait la tension interfaciale lipoïde/sérum physiologique et accentuerait même légèrement l'hydrophilie de ces lipoïdes, au lieu de la diminuer.

Or il est à remarquer que le thiodiglycol est dépourvu de propriétés vésicantes;

4° l'oxyde de β-chlorovinylarsine, qu'il soit dispersé dans le lipoïde ou dans le sérum, agissait, bien qu'à un degré moindre, sur les deux lipoïdes *a* et *b*, de la même façon que le faisait la léwisite elle-même, dont il dérive par hydrolyse et, qu'en cela, il se différenciait nettement du thiodiglycol, produit d'hydrolyse de l'ypérite.

Cette constatation est importante car l'oxyde de chlorovinylarsine est encore doué de propriétés vésicantes assez énergiques.

Nous pouvons donc conclure de ces résultats qu'en ce qui concerne l'ypérite, la léwisite et son produit d'hydrolyse (le β-chlorovinylarsine), il existe une corrélation entre l'activité vésicante de ces produits et les modifications que leur addition fait subir aux valeurs de la tension interfaciale lipoïde/sérum physiologique et à celles de l'hydrophilie des lipoïdes cholestérolés auxquels ils ont été ajoutés.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Avitaminose* A *et métabolisme azoté.* Note de M[lle] **Lise Emerique**, présentée par M. Maurice Javillier.

J'ai observé (¹), en étudiant la composition chimique du rat carencé en vitamine A, que la déficience en principes immédiats porte d'abord sur « les substances essentiellement protoplasmiques ». Cette donnée m'a conduite à examiner le métabolisme de l'azote au cours de la carence.

De jeunes rats reçoivent soit un régime défini complet, soit le même régime privé de vitamine A; on détermine leurs bilans azotés et l'on dose l'azote uréique urinaire afin d'établir le rapport azoturique.

Les animaux, placés dans des cages à métabolisme, sont maintenus à une température voisine de 20°. La quantité de nourriture mise à leur disposition est toujours supérieure à leurs besoins, mais la consommation en est exactement mesurée; on en déduit la quantité d'azote ingéré. On recueille quantitativement urines et fèces.

Le dispositif expérimental sera décrit dans le Mémoire; on y trouvera aussi le détail des résultats. Ici, figurent seulement les moyennes obtenues pour des rats mâles recevant le régime carencé; elles sont rapportées à un jour. Les déterminations ont été faites aux stades suivants de la carence : période ascensionnelle, plateau, début de la chute de poids.

Les rats sont groupés, sur le tableau, suivant ces périodes. La première série comprend des rats dont la courbe de croissance est franchement ascensionnelle; leur gain de poids quotidien est de l'ordre de 3^g. Les animaux du groupe II ont encore une bonne croissance, mais ils approchent déjà du plateau. Chez ceux du groupe III, la croissance est enrayée. Enfin, les animaux du groupe IV ont une courbe de poids déclinante.

(¹) *Bull. Soc. Chim. biol.*, **17**, 1935, p. 612.

Ce qui frappe d'abord, c'est que dans la carence, pendant les périodes visées, la quantité d'azote fixé diminue, mais que *les bilans azotés restent positifs*. Pour une croissance extrêmement réduite, les chiffres d'azote fixé sont de l'ordre de 30^{mg} et au début de la chute, pour des pertes de poids quotidiennes d'un gramme, ils sont encore d'environ 10^{mg}.

Au palier, la quantité d'azote excrété, rapportée à un même poids d'azote ingéré, est plus grande que dans la période de croissance; cependant la quantité d'azote éliminé dans les fèces reste du même ordre; l'utilisation digestive reste bonne.

Périodes expéri-mentales.	Poids des rats début-fin.	Variations de poids.	Ingesta.	N ingéré.	N excrété. Urines.	N excrété. Fèces.	N fixé.	N fixé pour 100 N ingéré.	Rapport azo-turique.
				I.					
	g	g	g	mg	mg	mg	mg		
.. 8/5-19/5	49- 80	+2,8	7,3	214,5	94,4	24,5	95,6	44,5	0,80
.. 8/5-19/5	55- 87	+2,9	8,1	244,6	107,5	34,2	102,8	42,5	0,79
.. 25/5- 5/6	78-108	+2,7	8,9	268,5	119,4	35,1	114,0	42,4	0,80
				II.					
.. 25/5- 5/6	84-106	+2,0	9,2	279,6	153,3	36,0	90,3	32,2	0,82
.. 28/5-11/6	77-114	+2,4	9,3	284,4	154,2	32,8	97,4	34,2	0,77
.. 29/5- 9/6	88-116	+2,5	9,2	280,7	153,9	44,1	82,7	29,4	0,77
				III.					
.. 12/6-27/6	126-135	+0,60	7,8	240,5	161,3	39,9	39,3	16,3	0,79
.. 24/6- 4/7	133-134	+0,10	7,9	238,9	153,9	43,1	41,9	17,1	0,79
.. 30/6- 7/7	113-115	+0,30	8,2	246,5	175,6	42,7	28,2	11,4	0,78
.. 30/6-11/7	130-133	+0,27	7,7	233,8	175,0	35,2	23,6	10,0	0,79
.. 13/2-21/2	81- 83	+0,25	6,1	178,2	122,0	41,7	14,5	8,1	0,81
				IV.					
.. 9/3-19/3	99- 91	−0,8	5,9	174,3	125,6	36,1	12,6	7,2	0,80
.. 9/3-14/3	96- 91	−1,0	6,1	178,7	139,1	33,9	5,8	3,3	0,74
.. 9/3-18/3	88- 78	−1,1	5,7	169,9	126,9	31,2	11,8	6,9	0,83

D'autre part, *le rapport azoturique se maintient normal*. La dégradation biochimique des protéides paraît donc se réaliser dans ses conditions physiologiques, mais le métabolisme azoté est accru. Ce dernier résultat est en accord avec l'augmentation du métabolisme de base observée dans

la carence en vitamine A (1). Mes chiffres expérimentaux sont d'ailleurs en harmonie avec d'autres données antérieures (2).

Ainsi *l'avitaminose A paraît consister essentiellement en un arrêt de la synthèse des protéides spécifiques*, conclusion en accord avec l'hypothèse émise par M. Javillier en 1928 et qui n'avait pu recevoir avec les nucléo-protéides une pleine démonstration (3). L'azote, qui devrait concourir à la synthèse protéique, est d'abord stocké et le bilan reste positif. Mais le stock se limite; l'animal accentue la dégradation protéique, son métabolisme azoté s'accroît. Plus tard la quantité de nourriture ingérée se réduit; sans doute la perte d'appétit est-elle liée à la nécessité pour l'animal de limiter encore ce stock par diminution de l'ingestion de protéides.

BACTÉRIOLOGIE. — *Transformation des réactions de fermentation d'un bacille dysentérique par passage sur les animaux.* Note (4) de Mme **Marguerite Aitoff**, présentée par M. Félix Mesnil.

Au mois de novembre 1935 (5), nous avons isolé dans les selles de nouveau-nés, lors d'une épidémie d'entérite grave, un microbe qui présentait les caractères généraux d'un bacille dysentérique. Ce bacille, d'après ses réactions biochimiques, se rapprochait du bacille de Flexner, tandis que sa virulence pour les animaux de laboratoire l'apparentait au bacille de Shiga. Nous avons proposé, vu sa provenance rare, de l'appeler *bacille dysentérique des nouveau-nés*.

Nous avons pu obtenir avec ce bacille une endotoxine (6) ou lysat, qui reproduisait la maladie, tant au point de vue des symptômes que des lésions anatomo-pathologiques. C'est avec ce lysat aussi que nous avons obtenu une réaction de Schwartzman intense (7).

Mais, tandis que *la culture primitive conservée sur gélose*, *gardait* 10 *mois*

(1) Chevallier et Baert, *C. R. Soc. Biol.*, **116**, 1934, p. 1037.

(2) Simonnet, *Thèse de Doctorat*, 1925; Reder St. Julian et Heller, *J. Biol. Chem.*, **90**, 1931, p. 99; Sampson, Dennison et Korenchevsky, *Bioch. J.*, **26**, 1932, p. 1315.

(3) Javillier, Allaire et Rousseau, *Bull. Soc. Chim. biol.*, **10**, 1928, p. 294.

(4) Séance du 14 décembre 1936.

(5) *C. R. Soc. Biol.*, **121**, 1936, p. 110.

(6) *C. R. Soc. Biol.*, **121**, 1936, p. 843.

(7) *C. R. Soc. Biol.*, **122**, 1936, p. 884.

après son isolement les réactions de fermentation typiques du bac. de Flexner, celles que nous isolions, après plusieurs passages sur animaux, du sang du cœur, nous donnaient les réactions de fermentation du bac. de Shiga (fermentation, sans production de gaz, du glucose et du lévulose, mais pas de fermentation avec le lactose, le maltose, la mannite, la dulcite et le saccharose).

Ce fait nous parut si extraordinaire que nous refîmes les expériences en série sur un grand nombre de souris, de rats, sur quatre cobayes et un lapin. Nous avons confronté, en les faisant le même jour sur les mêmes milieux, les réactions de fermentation de la souche primitive (troisième repiquage à partir de l'isolement) qui servait à l'inoculation, avec les réactions du bac. qu'on trouvait dans le sang du cœur des animaux morts. Les premières étaient celles du bac. de Flexner, les secondes étaient celles du bac. de Shiga.

Le changement dans les réactions se manifestait d'une manière presque constante, quelquefois déjà au premier passage sur animal, d'autres fois après deux ou trois passages sur animaux.

Avant de chercher à comprendre les causes de ce phénomène, nous avons voulu nous assurer que les réactions de fermentation transformées se transmettaient d'une génération à l'autre sur milieux artificiels. En d'autres termes, si nous avions affaire à *un phénomène de mutation*. Pour ceci, nous avons fait parallèlement des repiquages successifs quotidiens des deux souches : 1° de la souche primitive (réactions Flexner) et 2° de la souche transformée, qui avait acquis les réactions Shiga. Après le 15e repiquage, les réactions de fermentation de chacune des deux souches étaient restées inchangées.

Nous avions, par conséquent, une véritable souche de mutation.

Pour juger de l'influence du milieu animal, nous avons conservé notre souche primitive (réactions Flexner) dans du sérum de lapin normal. Après un mois de séjour, les réactions de fermentation étaient restées Flexner. Par conséquent, pour transformer les réactions de fermentation, c'est le passage par organisme vivant qui semblait être nécessaire.

Avec nos deux souches, nous avons immunisé deux lapins.

Les réactions d'agglutination se sont comportées différemment.

Le sérum obtenu avec la souche de mutation Shiga possède des agglutinines spécifiques non seulement pour cette souche, ce qui est normal, mais aussi pour la souche primitive, plus abondantes que la souche primitive elle-même. Mais inversement le sérum de la souche primitive Flexner

agglutine plus énergiquement l'émulsion de mutation Shiga que sa propre émulsion.

L'agglutination avec un bac. Flexner typique et un bac. Shiga typique, souches provenant du Pendjab, montre les mêmes particularités, quoique moins accentuées. Aucun des deux sérums n'agglutine les bacilles du groupe typho-paratyphique, même au 1/20e. La souche de mutation à réactions Shiga serait, d'une part, plus antigénique, et, d'autre part, serait aussi plus agglutinable. (Bien entendu, l'autoagglutination est exclue par observation du tube témoin.)

La souche de mutation Shiga, injectée sous la peau, provoquait souvent des phénomènes de nécrose très étendue à l'emporte-pièce. La souche primitive n'en donnait jamais.

Nous ne voudrions pas tirer des conclusions prématurées à propos des phénomènes que nous venons d'observer, quant à l'unité des différents bacilles dysentériques.

Qu'il nous soit permis seulement d'attirer l'attention des expérimentateurs sur ce point que les classifications des bac. dysentériques basées exclusivement sur leurs réactions de fermentation et d'agglutination peuvent être sujettes à caution, puisque nous avons pu observer une transformation des réactions fermentatives Flexner en réactions Shiga, au moyen de passage sur animaux.

Nous n'avons pas pu obtenir la reversibilité de la souche transformée. C'est-à-dire que la souche de mutation à réactions Shiga ne redevenait plus la souche primitive Flexner, même après de multiples repiquages sur milieux artificiels.

Mais qui sait si, dans la nature, un séjour prolongé dans l'eau, une température basse et les rayons solaires, n'amènent pas une transformation du bac. dysentérique telle qu'il recommence à attaquer les sucres pentavalents ?

SÉROLOGIE. — *Recherches sérologiques sur la nature du principe contenu dans l'urine des cancéreux.* Note de M. **Max Aron**, présentée par M. Félix Mesnil.

J'ai montré, depuis 1933, que l'urine des cancéreux renferme un principe que l'on peut mettre en évidence par l'injection, au lapin ou au cobaye, de l'extrait alcoolique de l'urine. Le cortex surrénal subit alors des

modifications que l'on apprécie par comparaison avec un fragment de la glande prélevé avant l'expérience et qui ne se produisent pas chez des animaux traités avec l'extrait d'urine non cancéreuse.

Le sérum d'animaux auxquels on a administré de l'extrait d'urine de cancéreux a la propriété, injecté à des animaux neufs, de protéger leur surrénale contre l'action de ce même extrait. On pouvait donc se poser la question de savoir si le principe de l'urine des cancéreux ne jouait pas le rôle d'un antigène et si des anticorps ne se formaient pas dans le sang sous son influence.

Cette hypothèse apparaissait susceptible de trouver, sinon sa justification, du moins un argument en faveur de sa valeur, dans certains essais d'ordre sérologique. Le mélange, en proportions définies, d'une solution d'un antigène et du sérum sanguin renfermant les anticorps correspondants peut en effet aboutir à une réaction d'opacification ou de floculation. C'est sur cette notion que j'ai fondé une technique dont les détails seront publiés ultérieurement et dont la mise au point a comporté plusieurs milliers d'essais. Elle repose :

1° Sur l'emploi d'un extrait purifié de mélange d'urines de cancéreux, supposé contenir l'antigène.

2° Sur l'adjonction, en proportions déterminées, à une solution de cet extrait, de sérum d'animaux traités par l'extrait d'urine cancéreuse ou de sérum sanguin de malade atteint de cancer.

La concentration de la solution d'extrait urinaire et la proportion de sérum à y ajouter doivent être déterminées par des approximations successives. A titre d'indication, je préciserai que certains extraits obtenus par précipitation de l'urine par l'alcool et par la reprécipitation à l'acétone de la solution aqueuse du précipité sont employés en solution à 2 pour 100 dans du sérum physiologique (la solution filtrée doit être tout à fait limpide) et que la proportion favorable de sérum sanguin à y ajouter s'étage de $0^{cm^3},6$ à $0^{cm^3},9$ pour 2^{cm^3} de solution d'extrait urinaire.

Les opérations sont faites dans des tubes de verre d'environ 13^{mm} de diamètre intérieur où le mélange extrait urinaire-sérum sanguin s'opère facilement et complètement. Il importe que la verrerie employée (tubes, pipettes) soit d'une *propreté chimique et bactériologique rigoureuse*.

Le mélange est porté à l'étuve à 38° pendant 16 à 18 heures. Une première lecture est alors pratiquée à une lumière artificielle constante et à l'œil nu. On fait une seconde lecture après 4 à 6 heures de séjour ultérieur des tubes à la température ordinaire.

Dans ces conditions, le sérum sanguin des malades atteints de cancer évolué donne une réaction caractérisée par un trouble, plus ou moins prononcé suivant les cas, du mélange, au moins à l'une des concentrations de sérum employées, trouble susceptible de s'accentuer à la deuxième lecture, dans les réactions fortes, jusqu'à une nette floculation.

Le sérum des malades non cancéreux ou des individus normaux ne donne en général aucune réaction, ou ne donne qu'un trouble discret. Dans un faible pourcentage des essais, on observe toutefois des réactions du même type que celles provoquées par les sérums cancéreux. Pour trancher la question de savoir si l'on a affaire à un phénomène sans spécificité, que l'on obtiendrait seulement avec prédominance et à un degré plus marqué à partir des sérums de cancéreux, ou bien à un phénomène spécifique, on pratique des expériences-témoins, toutes choses étant égales d'ailleurs, avec la même solution d'extrait urinaire chauffée à 90° pendant une demi-heure, opération qui ne doit provoquer aucun trouble ni aucune précipitation. Les sérums de cancéreux ne donnent pas de réaction avec cette solution. En revanche les sérums d'individus non cancéreux, qui donnent une réaction avec la solution non chauffée, en donnent une également avec la solution chauffée, sinon constamment à la même concentration de sérum, du moins à une concentration très voisine.

La spécificité du phénomène trouve une autre attestation dans le fait que le mélange du sérum des cancéreux avec une solution d'extrait d'urine normale, préparé d'une manière identique, ne donne pas de réaction ou bien, s'il en donne exceptionnellement une légère, la donne également avec la solution d'extrait urinaire chauffée. Il en va naturellement de même pour les sérums non cancéreux.

Je ne puis pas encore conclure de ces résultats au bien-fondé de l'hypothèse formulée plus haut sur la nature antigénique du principe de l'urine des cancéreux. J'y trouve seulement un argument en sa faveur. J'estime en tout cas avoir confirmé par là l'existence de certaines propriétés spécifiques de l'urine et du sérum des cancéreux.

PATHOLOGIE ANIMALE. — *La maladie dite* tremblante du mouton *est-elle inoculable ?* Note de MM. **Jean Cuillé** et **Paul-Louis Chelle**, présentée par M. Emmanuel Leclainche.

La cause de la tremblante du mouton est très mal connue. L'observation clinique et, en particulier, les minutieuses investigations des vétérinaires

anglais (Mac Fadyean, Stockman, Gaiger) semblent indiquer que l'affection est contagieuse. Cependant les divers essais de transmission expérimentale ont constamment échoué. Il n'a été possible de reproduire la maladie, ni par cohabitation (Besnoit, Mac Fadyean) ni par inoculation de produits provenant de malades : sang (Besnoit, Mac Fadyean), liquide céphalo-rachidien (Mac Fadyean), substance cérébrale ou médulaire (Besnoit, Lucam). Un seul résultat positif a été obtenu par Stockman; mais, comme l'animal inoculé descendait de parents malades et que certaines observations tendent à établir la possibilité d'une transmission héréditaire, cette expérience ne doit pas être retenue.

Il est à remarquer que, dans la plupart des essais de transmission à partir de la substance nerveuse, les animaux inoculés ont été conservés pendant un laps de temps relativement court (moins de six mois dans les expériences de Besnoit). Or les observations cliniques faites par les vétérinaires anglais semblent montrer que, dans les conditions naturelles, la période d'incubation de la tremblante est très longue (un an et demi à deux ans). Nous nous sommes demandé si les insuccès de ces inoculations ne pouvaient pas s'expliquer par une observation trop courte des inoculés.

Afin de vérifier cette hypothèse, nous avons procédé, depuis 1932, sur neuf moutons ou brebis, à diverses inoculations par voie intra-cérébrale, épidurale, intra-oculaire, sous-cutanée ou intra-cutanée, avec de la substance cérébrale ou médullaire, de plusieurs animaux arrivés aux dernières périodes de la maladie naturelle.

Parmi ces neuf ovins, sept ont succombé à des affections intercurrentes ou ont dû être sacrifiés pour des raisons indépendantes de notre volonté, dans un délai variant de 6 à 9 mois après l'inoculation. Aucun d'eux n'a présenté, pendant ce laps de temps, des signes de la maladie.

Par contre, deux brebis, conservées plus longtemps, ont l'une et l'autre montré les symptômes caractéristiques de la tremblante; elles ont succombé à cette affection.

La brebis n° 1, âgée de 2 ans et demi, originaire d'un troupeau de la région de Narbonne indemne de la maladie, vit dans la bergerie de l'École depuis 1 an et demi. Elle est inoculée le 9 juillet 1934 par voie intra-oculaire avec 3^{cm^3} d'une émulsion de moelle lombaire finement broyée au mortier, avec une faible quantité de sérum physiologique stérile.

L'état général reste satisfaisant jusqu'à la dernière moitié de septembre 1935. A ce moment, c'est-à-dire 14 mois et demi après l'inoculation, l'animal devient inquiet, il marche la tête haute, l'air effrayé. Au bout d'une quinzaine de jours, au début d'octobre, des troubles locomoteurs apparaissent, accompagnés de tremblement à allure sénile de la tête et du cou.

A la date du 15 octobre, les symptômes sont tout à fait caractéristiques de la tremblante : incoordination marquée du train postérieur; flexion exagérée des membres antérieurs (mouvements de stepper); aux allures rapides, dissociation des mouve-

ments du train antérieur et du train postérieur (trotte du devant, galoppe du derrière); exagération des mouvements de la tête et du cou; grincement des dents.

La région inoculée (œil droit) est fortement prurigineuse : l'animal se gratte avec frénésie contre la mangeoire et avec son membre postérieur. Ce prurit, au point d'inoculation, est à rapprocher de celui constaté dans la rage et la maladie d'Aujesky.

Par suite, les symptômes locomoteurs s'aggravent et aboutissent finalement à une paraplégie complète.

L'animal, arrivé aux derniers stades de la maladie, est sacrifié le 30 octobre 1935, soit près de seize mois après l'inoculation et un mois et demi après la constatation des premiers symptômes caractéristiques.

— La brebis n° 2, âgée de 2 ans, comme la précédente, provient d'un troupeau indemne de tremblante et vit depuis un an et demi environ dans la bergerie de l'École. Inoculée également le 6 juillet 1934, par voie intra-oculaire, dans les mêmes conditions que la première, elle ne présente aucun trouble jusqu'à la fin du mois de mai 1936, soit 22 mois environ après l'inoculation.

A cette date, les premiers signes de tremblante apparaissent (frayeur et inquiétude). Ils se précisent au mois de juin; ils sont tout à fait caractéristiques à la date du 20 juin et à peu près identiques à ceux précédemment décrits pour la première brebis, avec cette différence que le prurit lombaire est plus accusé et qu'il n'y a pas de démangeaison appréciable au point d'inoculation. La mort est survenue le 28 juillet : 2 ans et 22 jours après l'inoculation, deux mois environ après la constatation des premiers symptômes.

Ajoutons que :

1° ces deux animaux qui proviennent de troupeaux indemnes de tremblante et ont été l'un et l'autre en observation à la bergerie de l'École Vétérinaire un an et demi avant l'inoculation n'ont jamais eu de contact direct avec des sujets atteints de la maladie naturelle.

2° des animaux-témoins vivant dans la même bergerie que les deux inoculés n'ont, au moment où nous écrivons, présenté aucun signe de la maladie.

Nous croyons donc pouvoir conclure que les deux cas de tremblante constatés résultent de l'inoculation et non d'une infection héréditaire ou d'une contamination accidentelle.

De cette expérimentation il paraît possible de tirer les conclusions suivantes :

1° la tremblante du mouton est une maladie infectieuse et inoculable;

2° le virus existe dans les centres nerveux (moelle et cerveau);

3° la période d'inoculation est longue (14 et 22 mois).

La séance est levée à 16^h.

E. P.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de décembre 1936.

Œuvres de G. Humbert, par Pierre Humbert et Gaston Julià; tome II. Paris, Gauthier-Villars, 1936; 1 vol. $28^{cm},5$.

Laboratoires du Bâtiment et des Travaux publics. *Méthodes modernes d'essais de matériaux et de prototypes d'ouvrages,* par R. l'Hermite. Extrait des *Annales de l'Institut technique du Bâtiment et des Travaux publics,* n° 4, juillet-août 1936; 1 fasc. 28^{cm}.

École nationale des eaux et forêts. *La station d'études hydrobiologiques du lac du Bourget,* Nancy, société d'impressions typographiques; 12 fasc. 23^{cm}.

Caractère minéralogique des Smectites, par Jacques de Lapparent. Extrait des *Annales de l'Office national des Combustibles liquides.* Paris, imprimerie nationale, 1936; 1 fasc. 23^{cm}.

Henri Jumelle (1866-1935). Extrait des *Annales de la Faculté des sciences de Marseille.* Marseille, Imprimerie marseillaise, 1936; 1 fasc. $25^{cm},5$.

Introduction à la chimie micellaire, par G. Malfitano, M. Catoire, A. Honnelaitre. Paris, Hermann et Cie, 1936; 1 vol. 25^{cm}.

L'avenir de la science. *Embryologie et génétique,* par Th. H. Morgan, traduit de l'anglais par Jean Rostand. Paris, Gallimard, 1936; 1 vol. 20^{cm}.

Annales des sciences naturelles : Zoologie. Extrait des *Études des saturnoïdes normaux, famille des Hémileucidés,* troisième et dernière Partie. *Section des Automérinés,* par E. L. Bouvier. Paris, Masson et Cie, 1936; 1 vol. $28^{cm},5$.

Résultats des campagnes scientifiques accomplies sur son yacht, par Albert Ier, prince souverain de Monaco :

Fasc. XCII : *Méduses,* avec deux planches doubles, par Gilbert Ranson;

Fasc. XCIII : *Siphonophores calicophorides* (suite) et *Physophorides,* avec deux planches doubles, par Eugène Leloup;

Fasc. XCIV : *Cétacés et pinnipèdes,* avec huit planches doubles, par Jules Richard;

Fasc. XCV : *Toxines des cœlentérés et phénomènes d'anaphylaxie,* par Ch. Richet et P. Portier. Monaco, imprimerie de Monaco, 1936; 4 fasc. 36^{cm} (présenté par M. P. Portier).

L'infection bacillaire et la tuberculose chez l'homme et chez les animaux. Étude biologiqne et expérimentale; vaccination préventive, par Albert Calmette. Paris, Masson et Cie, 1936; 1 vol. 25^{cm} (présenté par M. F. Mesnil).

Recherches sur les Otolithes des poissons. Étude descriptive et comparative de la Sagitta des téléostéens. Extrait des *Actes de la Société linéenne de Bordeaux* :

— 1re Partie, par J. CHAINE et J. DUVERGIER. Bordeaux, imprimerie E. Drouillard, 1934; 1 vol. 25cm;

— 2e Partie, par J. CHAINE. Bordeaux, imprimerie E. Drouillard, 1935; 1 vol. 25cm;

— 3e Partie, par J. CHAINE. Bordeaux, imprimerie E. Drouillard, 1936; 1 vol. 25cm.

L'œuvre scientifique du Club alpin français (1874-1922), publié par la Commission des travaux scientifiques du Club alpin français. Paris, au Siège social du Club alpin français, 1936; 1 vol. 26cm.

Contribution aux recherches économétriques, par RENÉ FOY; in *Actualités scientifiques et industrielles.* Paris, Hermann et Cie, 1936; 1 vol. 25cm,5 (présenté par M. M. d'Ocagne).

ERRATA.

(Séance du 16 novembre 1936.)

Note de M. *Jacques Rabinovitch*, Polarisation rotatoire magnétique et biréfringence magnétique de solutions de β-naphtol et de β-méthylnaphtalène :

Page 992, ligne 25, *au lieu de* $\lambda = 588^{m\mu}$, *lire* $\lambda = 578^{m\mu}$; ligne 3, à droite à partir du bas, *au lieu de* 1,37, *lire* 1,16; *au lieu de* 1,54, *lire* 1,33; *au lieu de* 2,54, *lire* 2,18; ligne 1, à partir du bas, *au lieu de* 2,19, *lire* 2,54.

(Séance du 7 décembre 1936.)

Note de MM. *Louis de Launay*, *Claudius Limb* et *Claudius Roux*, Sur la rectification d'un arc quelconque de cercle plus petit que la demi-circonférence, par André-Marie Ampère, âgé de treize ans (8 juillet 1788) :

Page 1194, ligne 7, *au lieu de* CLÉMENT LIMB, *lire* CLAUDIUS LIMB.

Page 1197, ligne 4, *au lieu de* $Y = \frac{aX}{c}$ et $y = \frac{aX}{c}$, *lire* $Y = \frac{aX}{c}$ et $y = \frac{ax}{c}$.

FIN DU TOME DEUX-CENT-TROISIÈME.

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

TABLES ALPHABÉTIQUES.

JUILLET — DÉCEMBRE 1936.

TABLE DES MATIÈRES DU TOME 203.

I. — PARTIE SCIENTIFIQUE.

A

B

C

D

E

F

G

H

I

N

O

P

Q

R

S

T

U

V

Z

II. — PARTIE ACADÉMIQUE.

A

B

C

D

E

F

H

I

J

N

O

P

S

TABLE DES AUTEURS.

A

B

C

D

E

F

G

H

I

J

K

L

M

N

O

P

Q

R

S

T

U

V

W

Y

Z

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.
106172-37 Paris. — Quai des Grands-Augustins, 55.